Д. А. Андреев, М. В. Торопкин

Аудиосистема класса Hi-Fi своими руками: советы и секреты



Наука и Техника,
Санкт-Петербург
2006

Андреев Д. А., Торопкин М. В.
Аудиосистема класса Hi-Fi своими руками: советы и секреты. — СПб.: Наука и Техника, 2006. — 208 с.: ил.

ISBN 5-94387-226-4

Серия «Домашний мастер»

Данная книга является пособием для желающих обзавестись высококачественной аудиосистемой. Задача авторов — помочь всем категориям читателей в выборе, а имеющим радиолюбительскую подготовку — в изготовлении компонентов аудиосистемы. В последнем случае большое значение имеют приводимые в книге технологии и советы категории «ноу-хау», без обладания которыми можно лишь повторить конструкции, но нельзя добиться подлинно высококачественного звучания.

Повествование предваряет краткое знакомство с основными понятиями, терминами и стандартами, имеющими отношение к высококачественному звуковоспроизведению, его прошлому и настоящему. В дальнейшем последовательность рассмотрения компонентов аудиосистемы аналогична пути прохождения звукового сигнала, а именно: источник — усилитель — акустическая система.

Контактные телефоны издательства:
(812) 567-70-25, 567-70-26
(044) 516-38-66
Официальный сайт: www.nit.com.ru

9 785943 872266
ISBN 5-94387-226-4

ООО «Наука и Техника».
Лицензия №000350 от 23 декабря 1999 года.
198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.
Подписано в печать 09.03.06. Формат 60×88 1/16.
Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 13 п. л.
Тираж 3000 экз. Заказ № 562 .

Отпечатано с готовых диапозитивов в ОАО «Техническая книга»
190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

Содержание

ОТ АВТОРОВ

«Своя система... — повторил он. И снова ущипнул себя за ухо. — Сегодня это уже не имеет смысла! Все равно, что ламповый усилитель собственной сборки. Чем тратить силы и время на то, чтобы это собрать, проще пойти в аудиомагазин и купить себе новенький на транзисторах. И дешевле, и звучит получше. И если сломается, сразу домой придут и починят. А будешь новый покупать — и старый заберут по дешевке... В наше время нет места индивидуальным системам. Согласен, было время, когда это представляло некую ценность. Но сейчас — не так. Сейчас все можно купить за деньги. В том числе и человеческое мышление.»

Харуки Мураками. Дэнс.Дэнс.Дэнс. (перевод с японского Д. Коваленина). —СПб.:Амфора.ТИД Амфора, 2004.

Данная книга является пособием для желающих обзавестись высококачественной аудиосистемой. Задача авторов — помочь всем категориям читателей в выборе, а имеющим радиолюбительскую подготовку — в изготовлении компонентов аудиосистемы.

В последнем случае большое значение имеют приводимые в книге технологии и советы категории «ноу-хау», без обладания которыми можно лишь повторить конструкции, но нельзя добиться подлинно высококачественного звучания. Особое внимание уделяется комплектующим и материалам; авторы предоставляют читателям возможность самостоятельно, в зависимости от уровня доходов и желания поработать руками, выбирать между изготовлением и приобретением различных компонентов представленных в книге конструкций. При этом самодельные детали не уступают промышленным, произведенным фирмами с мировым именем. Технологии, изложенные в книге, помогут читателям улучшить звучание уже имеющейся у них аудиоаппаратуры, т.к. не существует идеальной техники.

Повествование предваряет краткое знакомство с основными понятиями, терминами и стандартами, имеющими отношение к высококачественному звуковоспроизведению, его прошлому и настоящему.

В дальнейшем последовательность рассмотрения компонентов аудиосистемы аналогична пути прохождения звукового сигнала, а именно: источник — усилитель — акустическая система.

Авторы выражают особую благодарность фотографу Попову Григорию Геннадьевичу и столяру-краснодеревщику Голубятникову Юрию Анатольевичу за помощь в создании данного материала.

На первый взгляд проблема приобретения высококачественной аудиосистемы решается следующим образом.

Вариант 1: накапливается (вынимается из кармана, берется в виде ссуды и т.д.) некоторая сумма денег (обычно разумная), совершается поход по магазинам, выбирается подходящий по дизайну, размерам и функциональности музыкальный центр.

Вариант 2 (деньги девать некуда): покупается аудиопериодика, выбираются «самые крутые» компоненты.

Итог один: вы — обладатель высококачественной аудиосистемы... не правда ли, странно? На практике **первый вариант** передает весьма далекую от оригинала звуковую программу, практически не позволяя различить отдельные музыкальные инструменты или голоса — звучание превращается в кашу. А **второй вариант** менее всего соответствует хвалебным отзывам из аудиоизданий. Игра не стоит свеч!

Еще одна **любопытная деталь:** в обоих случаях технические характеристики систем могут оказаться близкими либо вообще идентичными!

Возникают и другие проблемы: по-разному звучат, например, абсолютно одинаковые компакт-диски, проигрываемые на аппаратуре одной ценовой категории; увы, и в случае самостоятельного изготовления не удается получить желаемый результат даже при использовании высококачественных элементов; многих шокирует такой анахронизм, как электронные лампы...

Примечание. ***На практике даже т.н. «слепой тест» не дает реального представления о лучшем (с точки зрения качества воспроизведения) из нескольких испытуемых аппаратов ввиду субъективности оценок — у каждого слушателя свои взгляды на понятие качества звучания; нельзя не учитывать психологический фактор, поскольку восприятие музыки — процесс многомерный: порой человек слышит те нюансы звуковоспроизведения, которые желает услышать (либо не слышит нежелательные).***

Авторы надеются, что данная книга поможет преодолеть все эти преграды на пути к настоящему звуку! Попытки «привя-

зать» качество звучания — параметр весьма субъективный — к техническим характеристикам (объективным) предпринимаются достаточно давно.

В 70-х гг. прошлого века появился стандарт для аппаратуры высокой верности воспроизведения (**High Fidelity**, сокращенно **Hi-Fi) — DIN45500** (DIN — аббревиатура от Deutsches Institut fur Normung — немецкая неправительственная организация, занимающаяся стандартизацией для лучшей интеграции рынка товаров и услуг в Германии и на международном рынке. Продуктами этой организации являются всевозможные стандарты, касающиеся различных сфер применения, в том числе, не относящиеся к области звуковоспроизведения). Благодаря своей лаконичности, бóльшую распространенность получил термин Hi-Fi. Основные параметры усилителей, определяемые стандартом, представлены в **табл. В.1.**

Предполагалось, что два усилителя, полностью отвечающие данному стандарту, при подключении к идентичным источникам сигнала и акустическим системам обеспечат одинаковую «музыкальность» звуковоспроизведения. Увы, данное предположение оказалось ошибочным...

Примечание. ***«Музыкальность» — интересный термин: отдельные специалисты считают, что в идеале аудиосистема должна доносить замысел композитора (исполнителя), а не только продукт работы звукорежиссера.***

Впоследствии некоторые положения стандарта Hi-Fi неоднократно пересматривались (в частности, появились пресловутые 20—20000 Гц) и дополнялись, но критерий соответствия технических характеристик качеству звучания («музыкальности») не разработан до сих пор. Тем не менее, Hi-Fi остается единственным стандартом в области звуковоспроизведения, невзирая на своих (откровенно коммерческих или весьма отвлеченных) последователей — **State of the art**, **Hi-End** и т.п. Ряд разработчиков считает, что соответствие макета конструкции стандарту DIN45500 уже означает отсутствие грубых ошибок при конструировании, а дальнейшая задача — «выведение на звук», т.е. попытка найти ту самую «музыкальность» различными, порой шаманскими методами.

Стандарт DIN45500. Параметры усилителей [4] *Таблица В.1*

Параметры усилителей	Значения параметров	Условия измерений
Переходное затухание между каналами на частоте 1 кГц, не менее	40 дБ	На вход одного канала подают максимально допустимое напряжение, к входу другого канала подключают эквивалентное сопротивление нагрузки
То же, в диапазоне частот 250 Гц – 10 кГц, не менее	30 дБ	
Переходное затухание между каналами на частоте 1 кГц, не менее	50 дБ	На вход одного канала подают максимально допустимое напряжение, вход другого подключают к нагрузке, эквивалентной выходному сопротивлению соответствующего источника сигнала
То же, в диапазоне частот 250 Гц – 10 кГц, не менее	40 дБ	
Коэффициент взаимомодуляции сигналов с частотами 250 Гц – 8 кГц, не более	3%	При номинальной выходной мощности и соотношении уровней входных сигналов с указанными частотами 4:1
Рассогласование между каналами диапазоне частот 250 Гц – 6,3 кГц, не более	3 дБ	При входном напряжении на 6 дБ меньше необходимого для получения номинальной выходной мощности
То же, при наличии регулировки баланса в пределах 8 дБ, не более	6 дБ	
Фактор демпфирования громкоговорителей акустической системы, не менее	3	Определяется как соотношение сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя в диапазоне частот 40 Гц – 12,5 кГц

Продолжение

Параметры усилителей	Значения параметров	Условия измерений
Ширина полосы пропускания частот	40 Гц – 16 кГц	При уровне входного сигнала на 6 дБ меньше необходимого для достижения номинальной выходной мощности и соотношении
Неравномерность частотной характеристики с линейных входов, не более	±1,5 дБ	
То же, со входов трактов, в которых производят частотную коррекцию	±2 дБ	
Номинальная выходная мощность в системе “моно”, не менее	10 Вт	В течение 10 мин на вход подают синусоидальный сигнал частотой 1 кГц с коэффициентом нелинейных искажений менее 1%
То же, в системе “стерео”	2 x 6 Вт	
Коэффициент нелинейных искажений предусилителей в диапазоне частот 40 Гц – 4 кГц и всего тракта усиления в диапазоне частот 40 Гц – 125 кГц, не более	1%	Коэффициент нелинейных искажений предусилителей измеряют при максимально допустимом входном напряжении, а всего тракта усиления – при выходной мощности от номинальной до меньшей на 20 дБ
Динамический диапазон предусилителей и усилителей мощности, не уже	50 дБ	Измеряют при положениях регулятора громкости, соответствующих изменению выходной мощности от максимальной до 100 мВт (2 x 50 мВт в стереосистеме). Уровень шума измеряют в диапазоне частот 31,5 Гц – 20 кГц

Глава 1

Источники звукового сигнала

Эта глава посвящена источникам звукового сигнала. Особое внимание уделяется рассмотрению элементов конструкции и вариантам доработки проигрывателя грампластинок (на примере распространенных моделей промышленного производства) — основного источника сигнала в высококачественной аудиосистеме.

Достоверное воспроизведение фонограмм невозможно без коррекции АЧХ — читателям предлагается обзор схемотехники соответствующих устройств (винил-корректоров), включая два авторских варианта.

Цифровые источники представлены подробным описанием авторской конструкции внешнего ЦАПа (цифро-аналоговый преобразователь), включающей схемы и, что немаловажно, рисунки печатных плат в реальном масштабе.

1.1. Проигрыватели грампластинок

1.1.1. Основные типы проигрывателей

Классификация

Несмотря на скептическое отношение большинства, **проигрыватели грампластинок** («виниловые вертушки») остаются **источником №1** в аудиосистеме уважающего себя любителя музыки. Порекомендовать какие-либо конкретные модели новых либо «винтажных» проигрывателей достаточно сложно, поэтому авторы предлагают заинтересованным читателям самостоятельно посетить форумы, изобилующие подобными рекомендациями, например http://dom.hi-fi.ru/forum/9. Вместо этого будут рассмотрены варианты доработки недорогих и распространенных моделей, тем не менее, позволяющие оценить преимущества винила перед цифровыми носителями.

Выше упоминалось о трудностях объективного сравнения качества звучания различных аппаратов (например, усилителей); в данном же случае задача предельно проста — достаточно прослушать на одной и той же паре «усилитель—АС» одну и ту же композицию с компакт-диска и с виниловой пластинки...

Наиболее распространенной является **классификация проигрывателей по типу привода**:

- ременный, пасиковый (belt drive);
- фрикционный, роликовый (idler-wheel drive);
- прямой (direct drive).

Действительно, все остальные элементы проигрывателя — **игла с иглодержателем (кантеливром), головка звукоснимателя (картридж), держатель головки (шелл), тонарм, провода, разъемы** и **корпус (кабинет)** — являются заменяемыми по своей сути.

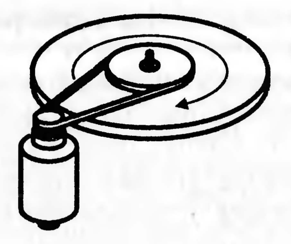
Примечание. ***Характер звучания проигрывателя определяется совокупностью его составных частей, т.е. всей конструкцией в целом. Сравнение аппаратов по типу привода абсолютно бессмысленно.***

Ременный привод

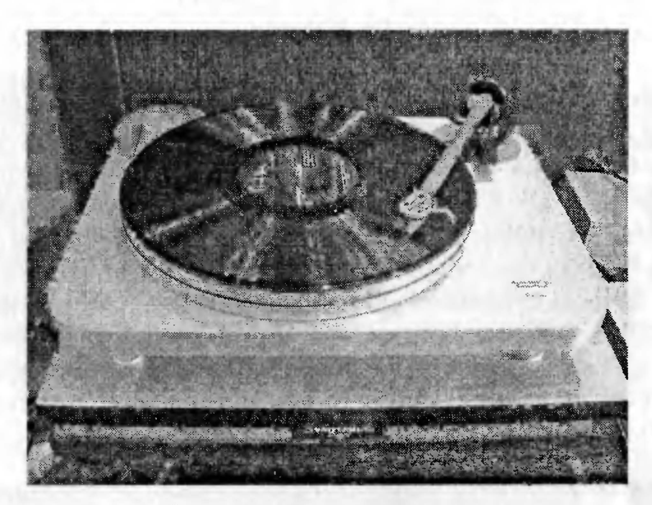
Кинематически ременный привод представляет собой пару шкивов: один на двигателе (ведущий), второй — ведомый, на **поворотном диске, рис. 1.1.*а*** (либо сам диск является шкивом, **рис. 1.1.*б***), связанных ремнем. Последний обычно выполняется из резины или полиуретана. Поперечное сечение ремня может быть прямоугольным, реже — круглым. Казалось бы, изготовление ременного привода — простая задача, но в процессе изготовления первых опытных образцов возникла серьезная проблема: при вращении высокоскоростных двигателей (более 375 об./мин) пасик проскакивал на шкивах, что не позволяло элементарно раскрутить тяжелый поворотный диск.

Внимание! ***Все товарные знаки, названия моделей, адреса, в т.ч. электронные, являются собственностью их уважаемых владельцев, а ссылки носят информационный характер. Авторы книги не занимаются рекламой.***

Технологии того времени не могли обеспечить рентабельность производства двигателей, поддерживающих частоту вращения приводного шкива ниже 375 об./мин, а снижение момента инерции поворотного диска (путем уменьшения его массы и/или диаметра) негативно сказывается на равномерности вращения грампластинки. В результате проблема была решена за счет введения дополнительного элемента — **промежуточного ролика**, приводимого в движение насадкой на валу двигателя; на одной оси с роликом располагался **ведущий шкив**. Такой привод называют **двухступенчатым**.



а — кинематическая схема



б — практическая реализация
(проигрыватель Acoustic Signature Samba)

Рис. 1.1. *Ременный привод*

Разумеется, дополнительная ступень увеличивала **коэффициент детонации** и **уровень рокота**, и с появлением доступных тихоходных двигателей выпуск подобных приводов был прекращен. Еще один недостаток ременного привода — необходимость подстройки частоты вращения двигателя (диска) — вызван приближенным расчетом соотношений ведущего и ведомого шкивов. Это объясняется тем, что ремень ведет диск не поверхностью внутреннего радиуса, а по нейтральной линии с бОльшим диаметром, положение которой зависит от гибкости ремня **[3]**.

В аппаратуре высокого класса нет мелочей: например, пасик, кажущийся неким расходным материалом, на деле выполняет не только роль передаточного звена между шкивами, но и акустически развязывает двигатель от головки звукоснимателя, снижая уровень рокота. Более того, именно качество изготовления и материал пасика определяют коэффициент детонации проигрывателя с ременным приводом.

Двигатели

Несколько слов о **двигателях**. Существует две концепции: **двигатель с мягкой электромеханической характеристикой («слабый» двигатель)**, т.е. нагруженный в процессе эксплуатации до номинальной мощности (либо мощный, подтормаживаемый механическим или магнитным тормозом), и **двигатель с жесткой характеристикой («сильный» двигатель)**, обладающий многократным запасом по мощности. В случае использования «слабого» двигателя не происходит толчкообразных колебаний, увеличивающих коэффициент детонации, т.к. двигатель работает равномерно, выгодно отличаясь от режима работы «сильного двигателя»: «разгон—холостой ход—разгон».

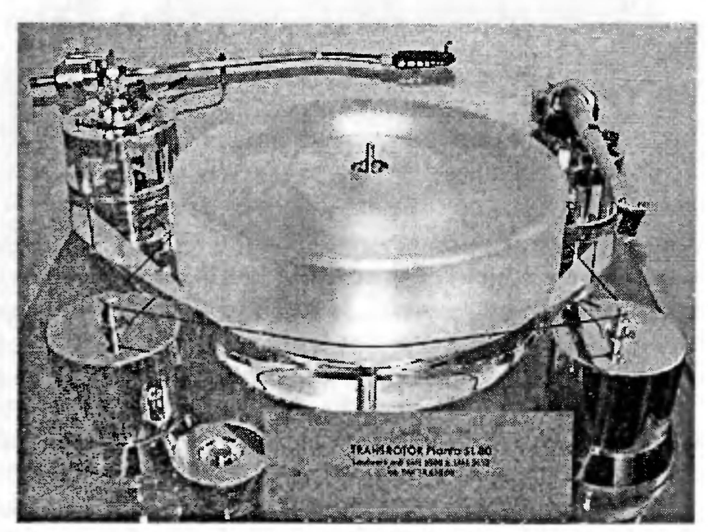


Рис. 1.2. *Проигрыватель Transrotor pianta SL80*

Разработчики эксклюзивных моделей проигрывателей для снижения детонации нередко используют несколько двигателей (**рис. 1.2**) или (и) пасиков одновременно.

Элементы привода крепятся к **столу (основанию — base).** Очевидно, что для снижения уровня рокота стол должен быть массивным и жестким (**рис. 1.2** и **рис. 1.3**). Двигатель нередко помещают в отдельный виброгасящий корпус.

Поворотный диск

Поворотный диск также является неотъемлемой частью любого типа привода; диск должен обладать большим моментом инерции, что обеспечивает стабильность вращения. Обычно диск изготавливается из сплавов алюминия или цинка, а более дорогие модели — из стекла или акрила; применение магнитных материалов недопустимо.

По нормам Hi-Fi диск должен иметь диаметр 270—310 мм и весить не менее 1кг **[12]**. В принципе форма диска может быть различной (**рис. 1.3**).

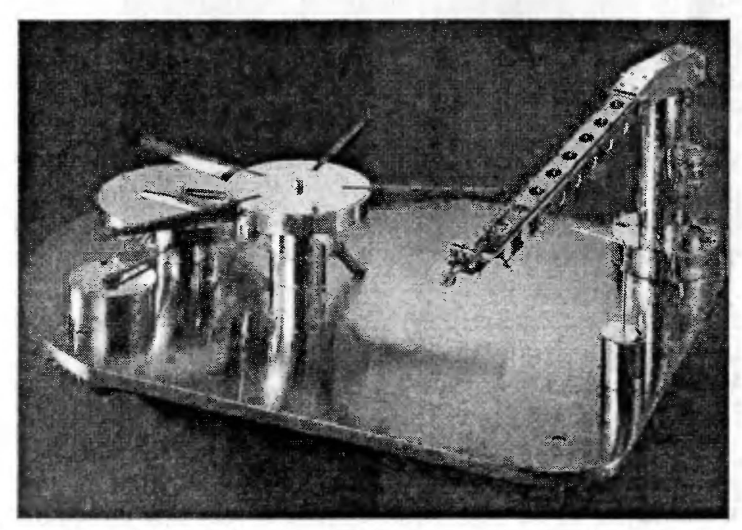


Рис. 1.3. *Проигрыватель Yamamura Churchill*

Примечание. ***Выбирая проигрыватель, обратите внимание на массу и диаметр диска: предпочтение следует отдавать моделям с более тяжелым диском большего диаметра.***

О качестве исполнения (состояния) подшипников и узла сопряжения диска в целом можно судить, слегка толкнув диск рукой и отмечая время (или количество оборотов диска) до полной остановки: лучшим будет проигрыватель, обеспечивший максимальный результат; при этом желательно приложить к поверхности стола фонендоскоп и послушать, нет ли скрежета, свидетельствующего о значительном износе узла сопряжения.

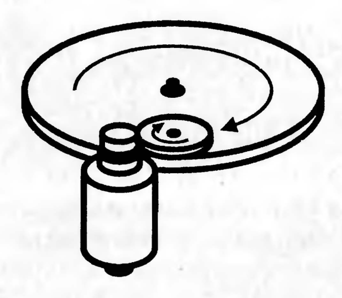
Мат

Поверх приводного диска располагается резиновый или суконный коврик круглой формы — **мат**, выполняющий несколько функций: исключение прямого механического контакта грампластинки с диском, предотвращение проскальзывания грампластинки, гашение колебаний, возникающих в грампластинке при проигрывании.

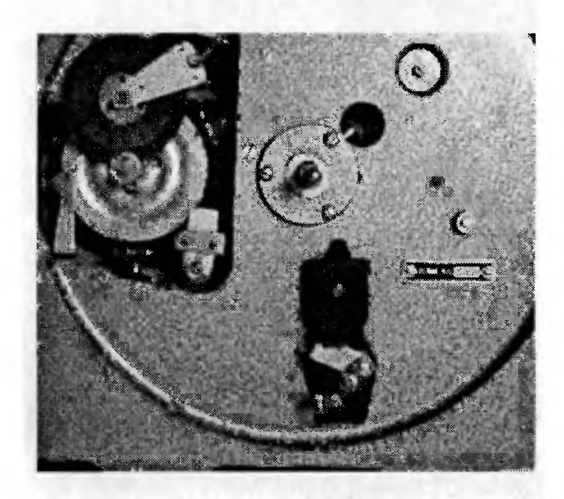
Фрикционный привод

В случае фрикционного привода **(рис. 1.4)** связь двигателя с поворотным диском осуществляется посредством **резинового ролика**. Вал двигателя и ролик могут располагаться как по внутреннему, так и по внешнему борту поворотного диска (в отдельных моделях проигрывателей ролик располагается в вертикальной плоскости, соприкасаясь с внутренней горизонтальной поверхностью диска). В качестве двигателя обычно использовались высокооборотные **асинхронные** или **синхронные** двигатели. Число синхронных оборотов равно 3000 или 1500 об./мин (при частоте сети 50 Гц) в зависимости от количества полюсов (2 или 4). С учетом частоты вращения грампластинки — 33⅓ об./мин, внутренний борт поворотного диска диаметром 300 мм проходит за 1 минуту 31415 мм; со-

ответственно, вал двигателя при частоте вращения 1500 об./мин должен иметь диаметр 6,67 мм, а при частоте 3000 об./мин — 3,33 мм.



а — кинематическая схема



б — практическая реализация

Рис. 1.4. *Фрикционный привод*

Диаметр ролика в данном расчете не имеет значения. Частота же его вращения отнюдь не безразлична: при диаметре ролика 40 мм она составит около 250 об./мин, что в пересчете на секунды дает частоту 4,1 Гц. К сожалению, человеческий слух обладает наибольшей чувствительностью к колебаниям

тональности именно с такой частотой. При передаче усилия от двигателя к диску ролик не должен проскакивать, что требует достаточно плотного прижима, повышая требования к износостойкости его покрытия (обычно изготавливается из твердой резины).

В результате колебания вала двигателя передаются диску практически **без демпфирования**. Интересно отметить, что неровности поверхности всего в 25 мкм резинового ролика диаметром 50 мм вызывают колебания высоты звука на 0,1 %.

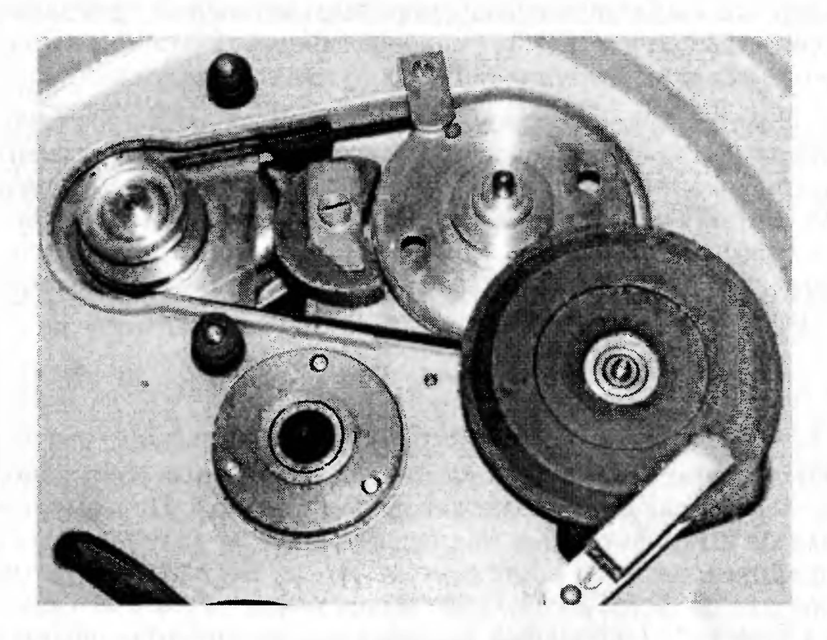
Основным недостатком фрикционной передачи являются колебания тональности звука с частотой 4—100 Гц, а также высокий уровень рокота (существует и альтернативная точка зрения, изложенная в статье А. М. Лихницкого «О роликах и пружинках», Аудиомагазин №4/2001).

Оптимальными с точки зрения технических параметров являются т.н. **улучшенные фрикционные приводы**, применявшиеся, например, в «культовом» проигрывателе TD-124 фирмы «Торенс» (**рис. 1.5**).

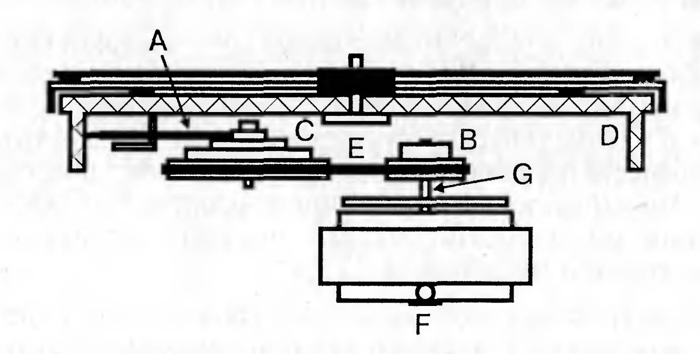


Рис. 1.5. *Проигрыватель Thorens TD124mk2*

Улучшенная фрикционная передача, которая работает с двухступенчатой связью, представлена **рис. 1.6**.



а — практическая реализация



б — кинематическая схема

Рис. 1.6. *Улучшенная фрикционная передача (Thorens TD124mk2)*

Вал двигателя через **резиновый пасик** вращает промежуточный **шкив**, на валу которого установлена ступенчатая **насадка**, передающая вращение ролику. В условиях колебания напряжения питания и изменения нагрузки следует применять **асинхронные двигатели большой мощности**, поэтому подстройка частоты осуществляется **путем торможения**.

Разумеется, приемлемым является бесконтактное торможение, например, за счет вихревых токов (токов Фуко). На ступенчатом шкиве закрепляются медный или алюминиевый диск большого диаметра, вокруг которого устанавливаются постоянные магниты (**рис. 1.6.*а***). Изменением положения магнита либо шунтированием магнитной цепи изменяется степень торможения.

Прямой привод

Уменьшение количества вращающихся элементов, очевидно, позволяет снизить **уровни детонации** и **рокота**. Поэтому попытки установить диск непосредственно на валу двигателя предпринимались постоянно. Один из первых вариантов прямого привода (**рис. 1.7**) был запатентован фирмой «Торенс» в 1929 году! Наибольшее распространение прямоприводные проигрыватели получили с развитием электроники в конце 70-х годов XX века, потеснив другие виды приводов.

Действительно, прямой привод имеет свои **достоинства**: минимальный коэффициент детонации, отсутствие недолговечных резиновых изделий, удобство построения полуавтоматических и автоматических проигрывателей. К **недостаткам** можно отнести передачу вибраций двигателя непосредственно диску. Эти вибрации возникают при корректировке скорости вращения, носящей импульсный характер; как результат, возникает рокот частотой 8—22 Гц.

Указанные типы приводов имеют свои (объективные) преимущества и недостатки, а оценки качества звучания (субъективные) на Интернет-форумах порой диаметрально противоположны. С точки зрения авторов предпочтительно приобретение прямоприводного проигрывателя (разумеется, если речь идет о бюджетных моделях) производства Японии до

середины 1980-х годов выпуска с **поворотным (pivoted)** тонармом. И здесь авторы не противоречат себе, как может показаться на первый взгляд. Прямоприводные проигрыватели получили наибольшее распространение именно в эти годы, достигнув технического совершенства, коснувшегося всех узлов, а не только собственно привода. Их конкуренты — **винтажные** проигрыватели с другими типами приводов — обычно значительно старше, что влечет за собой больший износ их механических узлов. Кроме того, у прямоприводных проигрывателей полностью отсутствует износ двигателя.

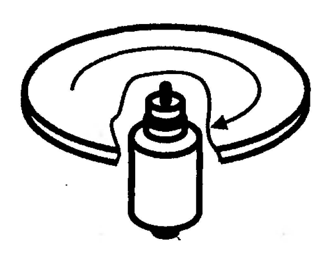


Рис. 1.7. *Прямой привод*

Для тех читателей, которые склонны к самостоятельному изготовлению или доработке промышленных компонентов, данный тип проигрывателей, напротив, нежелателен: характер звучания импортных моделей изменить достаточно сложно, а из отечественных проигрывателей подойдет лишь «Электроника ЭП-017», обладающая весьма скромным потенциалом...

1.1.2. Узлы проигрывателей

В предыдущем разделе, наряду с различными типами приводов, были рассмотрены: поворотный диск, стол, мат — узлы, непосредственно связанные с приводом. Определившись с классификацией проигрывателей, можно переходить к рассмотрению отдельных узлов (в порядке формирования и следования звукового сигнала).

Головка звукоснимателя (phono cartridge)

Под **звукоснимателем** понимают систему «головка — тонарм». Головка звукоснимателя включает в себя иглу **(stylus),** иглодержатель **(cantilever)** и **преобразователь (transducer).**

Из довольно многочисленного семейства проверку временем выдержали лишь головки электромагнитного типа, а именно две разновидности таких головок: с подвижным магнитом **(ММ)** и подвижной катушкой **(МС).** Наиболее распространены ММ-головки в силу большей технологичности (**рис. 1.8**) и, соответственно, сравнительно невысокой цены, а также удобства использования.

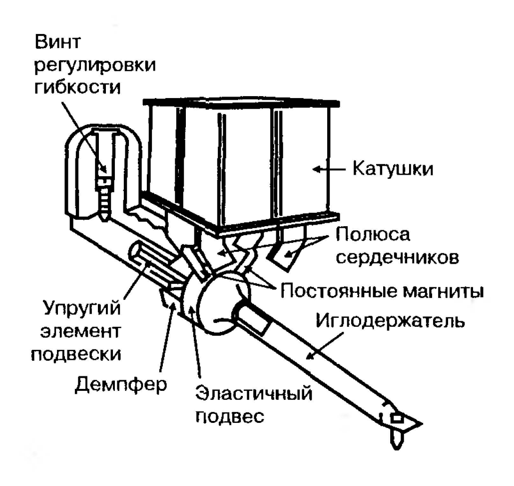


Рис. 1.8. *Устройство ММ-головки*

МС-головки, в общем случае, отличаются наилучшим качеством звучания, но требуют **согласующего трансформатора (step-up transformer)** ввиду низкого уровня выходного напряжения — 0,1—0,5 мВ (против 3—5 мВ у ММ-головок). Существуют МС-головки с так называемым **«высоким выходом»** — до 1,6 мВ **(hi output)**, однако широкого распространения они не получили.

Кроме того, у всех разновидностей МС-головок есть и другие недостатки: сложная процедура установки и регулировки, необходимость периодического размагничивания; замена иглы возможна лишь на заводе-изготовителе; на характер звучания оказывает влияние даже температура в помещении прослушивания **[5]**.

При подключении головок следует учитывать цветовую маркировку проводов:

красный .... правый канал (сигнал);
зеленый .... правый канал (земля);
белый .... левый канал (сигнал);
синий .... левый канал (земля).

Внимание! ***Ни в коем случае не следует припаивать провода непосредственно к контактным выводам головки! Наилучший способ — прижать провода к выводам с помощью колечек, вырезанных из поливинилхлоридной трубки (кембрика) соответствующего диаметра.***

Игла — единственный элемент головки звукоснимателя, непосредственно контактирующий с грампластинкой, что налагает повышенные требования к ее твердости и износоустойчивости. Лишь алмаз и сапфир (в меньшей степени) удовлетворяют этим требованиям. Работа иглы заключается в следовании по канавке грампластинки (**рис. 1.10**), повторяющей путь резца **рекордера (рис. 1.9)** — устройства для записи оригинала грампластинки (диска с лаковым покрытием).

Примечание. ***Рассмотрение технологий записи и изготовления грампластинок выходит за рамки настоящей книги.***

Логичным представляется использование и иглы, своей формой повторяющей форму резца (треугольную). Но такая игла будет снимать стружку с изгибов канавки, что недопустимо! В итоге наибольшее распространение получили т.н. эллиптические иглы — компромиссные с точки зрения качества звучания, износостойкости и технологичности в изготовлении.

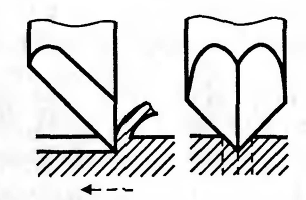


Рис. 1.9. *Резец рекордера*

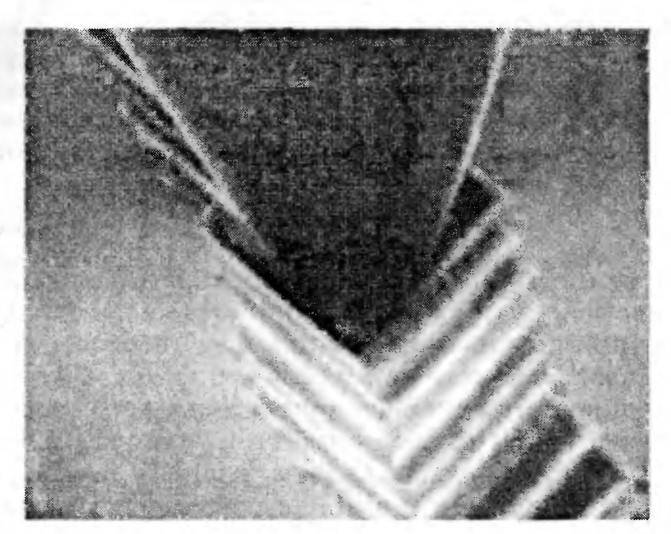


Рис. 1.10. *Так выглядит игла звукоснимателя в канавке пластинки при многократном увеличении*

Иглодержатель (кантеливр) — важнейший элемент, чья гибкость оказывает определяющее влияние на резонанс: «масса подвижной системы — гибкость материала пластинки». Снижая массу подвижной системы, в которую входит игла с держателем, можно добиться смещения частоты резонанса за пределы слышимого диапазона. При минимальной массе иглодержатель должен быть гибким и прочным, не иметь собственных резонансов — противоречивые требования, которые удовлетворяются за счет использования специальных материалов.

Примечание. ***Некоторые специалисты полагают, что головка звукоснимателя на 80—90 % определяет качество звучания проигрывателя. Разумеется, это одна из основных составляющих, но,*** **во-первых,** ***не единственная;*** **во-вторых,** ***в проигрывателе высокого класса и должна быть установлена головка надлежащего качества! По мнению авторов книги, можно говорить о «голосе аппарата», задаваемом системой «головка — тонарм», остальные элементы качественного проигрывателя должны «соблюдать нейтралитет».***

Держатель головки (shell)

Назначение элемента явствует из названия. Обычно держатель головки представляет собой отдельный элемент, позволяющий быстро менять головку звукоснимателя (**рис. 1.11**). Например, в целях сравнения или тестирования. В отдельных моделях держатель неразъемно совмещается с тонармом.

Дугообразный выступ служит для ручной установки/снятия звукоснимателя на грампластинку.

Требования к конструкции очевидны: максимальная жесткость при минимальной массе, отсутствие собственных резонансов (в слышимой части звукового диапазона). В качестве материала лучше всего подходит магний и его сплавы.

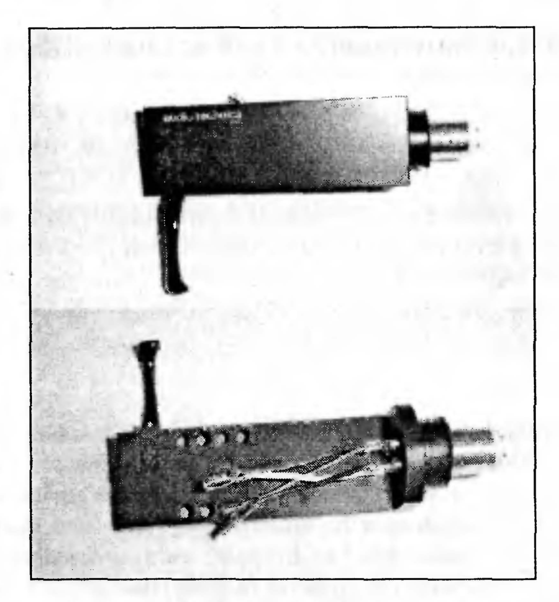


Рис. 1.11. *Держатель головки Audio-Technica MG-10*

Тонарм

Ранее упоминалось, что звукосниматель представляет собой систему **«головка-тонарм»**, а также оспаривалось бытующее мнение об определяющем влиянии головки звукоснимателя на характер звучания проигрывателя в целом. Действительно, процесс формирования звукового сигнала начинается на стыке канавки грампластинки с иглой, а следование иглы по канавке задается тонармом. Сформулируем **требования к тонарму**:

- продольная ось головки звукоснимателя должна всегда быть направленной по касательной к окружности, которой можно условно считать канавку грампластинки;
- на иглу и стенки канавки не должны действовать какие-либо силы, за исключением необходимых для огибания модулированной канавки;

- игла должна находиться в постоянном контакте с обеими стенками канавки;
- тонарм ни механически, ни электрически не должен оказывать влияния на амплитудно-частотную характеристику головки звукоснимателя.

Сконструировать тонарм, удовлетворяющий одновременно всем четырем требованиям, — сложнейшая инженерная задача. Назначение и объем данной книги не позволяют подробно рассмотреть вопросы расчета, конструирования и настройки тонармов, поэтому ограничимся лишь небольшим обзором.

Подавляющая часть проигрывателей укомплектована классическими **поворотными (pivoted)** тонармами, состоящими из **противовеса (counterweight), поворотного узла (подвеса — bearing), трубки (arm tube).** По форме такие тонармы можно разделить на три типа: прямой (**рис. 1.12**), изогнутый (**J-образный, SME, рис. 1.13**), **S-образный** (**рис. 1.14**).



Рис. 1.12. *Прямой тонарм*

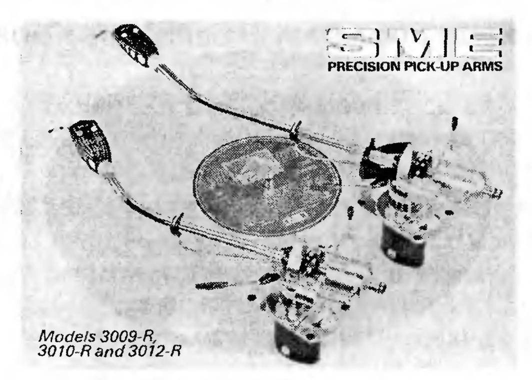


Рис. 1.13. *SME-тонарм*

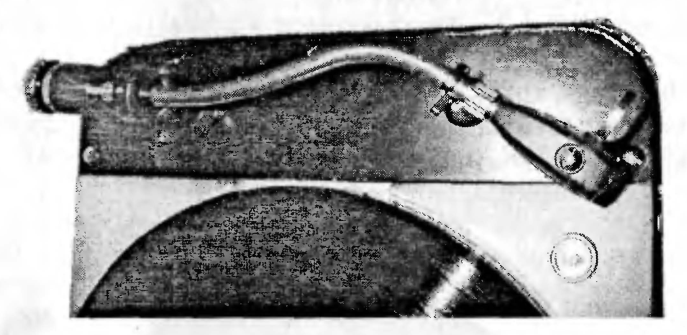


Рис. 1.14. *S-образный тонарм*

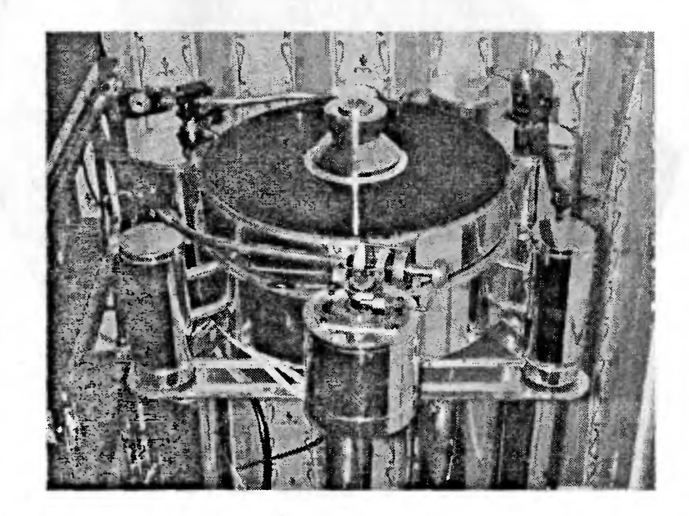


Рис. 1.15. *Проигрыватель с 3 тонармами (конструкция Т. Лойша)*

С технической точки зрения объективные различия между тонармами этих типов отсутствуют. Разумеется, речь идет о правильно спроектированных и качественно изготовленных тонармах. При одинаковых длине, заходе иглы и угле коррекции можно добиться одинаковой угловой погрешности. А субъективные различия удобно искать при помощи трехтонармных проигрывателей (**рис. 1.15**).

Резец рекордера в процессе записи перемещается по прямой линии — вдоль радиуса записываемого диска. **Головка звукоснимателя** (на тонарме поворотного типа) движется по дуге с радиусом, равным расстоянию между поворотной осью тонарма и кончиком иглы. Поэтому между направлением колебаний иглы и радиусом, вдоль которого колеблется резец при поперечной записи, образуется некоторый угол, называемый **горизонтальным углом погрешности (tracking error)**.

Минимизация искажений, вызванных наличием указанных погрешностей, достигается, **во-первых**, расположением головки под некоторым углом к продольной оси тонарма — т.н. **углом коррекции (offset angle)**, а **во-вторых**, увеличением расстояния от оси поворота тонарма до острия иголки по отношению к расстоянию от центра поворота тонарма до центра диска. Таким образом, обеспечивается **заход иглы (overhang)** за шпиндель диска (**рис. 1.16**).

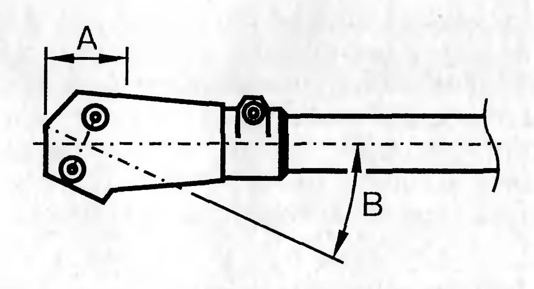


Рис. 1.16. *А — заход иглы, В — угол коррекции*

У современных тонармов **горизонтальный угол коррекции** составляет 20—27°, что обеспечивает минимальную ошибку следования. Вследствие захода возникает эффект, называемый **скольжением (skating)**, стремящийся сместить тонарм к центру проигрываемой пластинки. Для его компенсации применяют специальные механизмы **антискейтинга (anti-skating)**. Если неправильно отрегулировать антискейтинг, то игла будет оказывать неодинаковое давление на внутреннюю и внешнюю поверхности канавки, что неизбежно приведет к искажениям сигнала **[5]**.

Примечание. ***Антискейтинг необходим только при воспроизведении стереозаписей; у монофонических оба края звуковой дорожки несут идентичную информацию.***

Для примера, в тонарме SME 3009 погрешность составляет всего лишь 0,012 град./мм, т.е. при смещении иголки в сторону от центральной части зоны записи (где погрешность равна нулю) на один миллиметр, угол погрешности возрастает на двенадцать тысячных градуса. Кроме этого, существуют удлиненные версии тонармов, в которых расстояние между вертикальной осью поворота и иглой достигает 308 мм (приблизительно 12 дюймов), в результате чего игла движется по более пологой дуге, соответственно меньше отклоняясь от траектории резца при записи **(рис. 1.17)** **[11]**.

Разумеется, разработчикам представлялось более логичным создание конструкции тонарма, подобной узлу перемещения резца рекордера. Такие тонармы получили название **тангенциальных (tangential-tracking)**. Их принцип действия нетрудно понять из **рис. 1.18**: головка подвешена на **монорельсе**, перемещение осуществляется в радиальном направлении за счет механического сцепления кончика иглы с канавкой.

Очевидным **недостатком** данной реализации является трение в системе **«подвес-монорельс»**, приводящее к неравномерному опиранию кончика иглы на стенки канавки. При этом внутренняя стенка нагружается сильнее, что приводит к существенным искажениям. Этого недостатка лишены другие

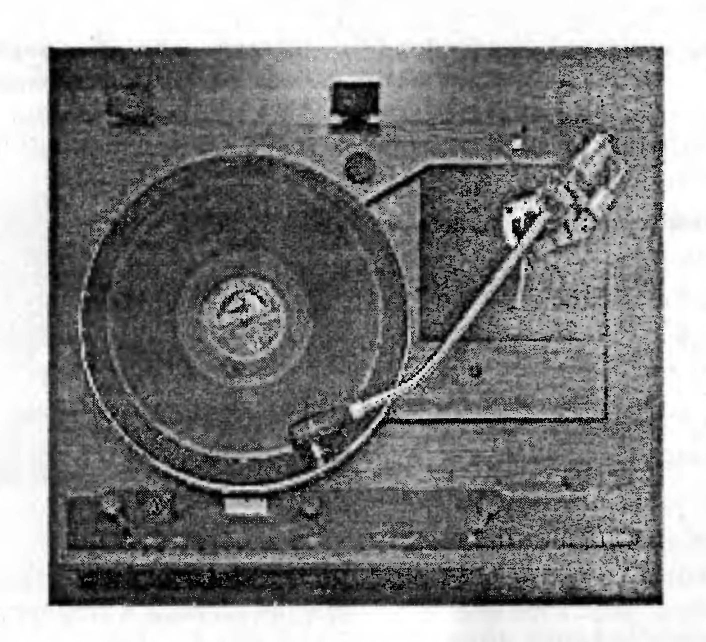


Рис. 1.17. *Thorens TD 520 с тонармом SME 3012R длиной 12 дюймов*

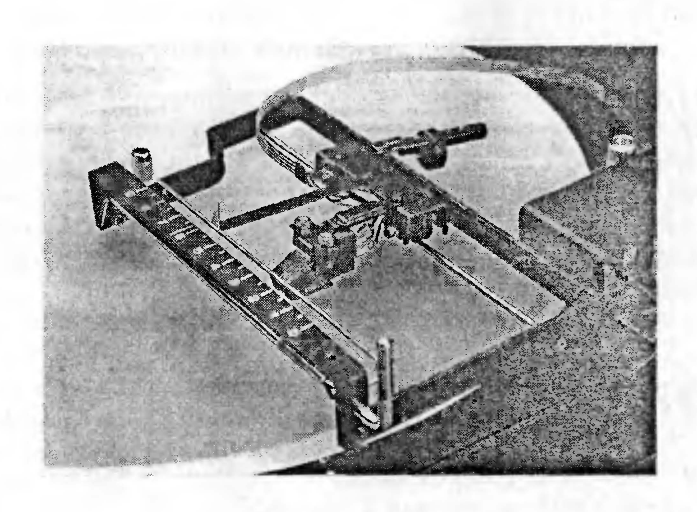


Рис. 1.18. *Тангенциальный тонарм*

разновидности тангенциального тонарма: с **воздушным подвесом (air-bearing)** и **сервоприводом (servo drive)**. Однако первый чрезвычайно сложен в установке, настройке и эксплуатации, а второй подвержен влиянию ошибок системы слежения/управления приводом.

Общими недостатками всех разновидностей тангенциальных тонармов являются:

- высокая цена;
- неравенство моментов инерции в горизонтальной и вертикальной плоскостях, приводящие к искажениям;
- большее время поиска/выбора произвольного трека.

К **преимуществам** можно отнести:

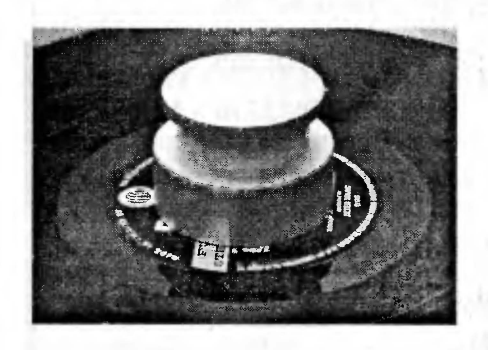
- отсутствие эффекта скатывания;
- простоту регулировок (в случае сервопривода);
- возможность реализации проигрывателя-автомата, особенно двустороннего, не нуждающегося в перевороте грампластинки вручную.

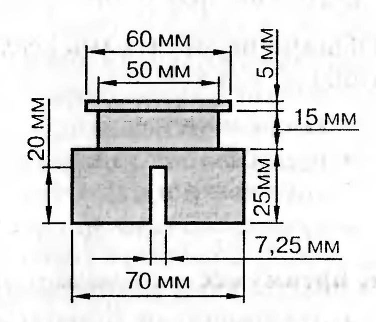
Прижим (Clamp)

На **рис. 1.15** видна металлическая конструкция, установленная на центр пластинки — **прижим**, выполняющий ряд функций: предотвращение проскальзывания, подавление резонансов и выравнивание грампластинки. Кроме того, на прижим можно установить **уровень**. Необходимый элемент можно извлечь из одноименного строительного инструмента, что и проделал Т. Лойш.

Внимание! ***Прежде, чем начинать настройки тонарма и головки, необходимо выставить положение проигрывателя (ориентируясь, например, на поворотный диск или площадку тонарма) строго горизонтально!***

Для самостоятельного изготовления можно порекомендовать следующую конструкцию прижима, представленную на **рис. 1.19.** Материал — алюминий, масса — 350 г.





а. готовое изделие *б. чертеж*

Рис. 1.19. *Прижим*

Аналогичным целям служит кольцевой стабилизатор (Record Stabilizing Ring), располагаемый по краю грампластинки (рис. 1.20).

Отметим, что не стоит чрезмерно утяжелять конструкцию прижима и стабилизатора, т.к. двигатель может не справиться с дополнительной нагрузкой.



Рис. 1.20. *Кольцевой стабилизатор*

1.1.3. Доработка проигрывателя

О целесообразности доработки

В последние 5—10 лет появились статьи, посвященные доработке проигрывателей производства СССР «Электроника Б1-01», «Радиотехника-001», «Арктур-006С» **[6—10]** до класса Hi-Fi. Факт сам по себе позитивный, т.к. подавляющее большинство аудиоизданий (и их лучшие представители, скрывающиеся под отвлеченными псевдонимами на аудиофорумах) навязывало стереотип: «Ничего хорошего из доработки советской (изготовления самодельной) техники не выйдет, лучше накопить энную сумму и приобрести нормальный фирменный аппарат!».

Негодование субъектов, существующих за счет рекламы фирменной техники, вполне объяснимо — доработанные советские проигрыватели нередко превосходят по своим параметрам (объективным и субъективным) именно фирменный «новодел» в ценовом сегменте до 1000 долларов, т.е. бюджетные модели, на которых и делается основная прибыль производителей и продавцов.

Безусловно, доработка таких проигрывателей — сложная инженерная задача. Авторы предлагают следующий критерий оценки качества звучания: сравнение одной и той же записи, воспроизводимой с двух разных носителей — виниловой грампластинки и компакт-диска — поочередно, в условиях одной аудиосистемы.

Внимание! ***В случае успешной доработки проигрывателя звучание записи с грампластинки будет заметно отличаться в лучшую сторону. Кстати, отдельные рекомендации по доработке с успехом можно применить и к зарубежным вертушкам; не стОит также ограничиваться простым следованием авторским инструкциям — старайтесь внести что-то свое!***

Большим плюсом для радиолюбителей является наличие в свободной продаже головок звукоснимателей на любой вкус и кошелек, а не только ГЗМ-008 (108) и т.п., которыми ограничивался список хороших головок производства соцстран. Не следует использовать головки «Unitra» (Польша) и RFT (ГДР), качество звучания которых посредственное. ГЗМ-008 (108) и ЭДА-001, напротив, являются неплохой альтернативой недорогим (до 30 долларов) импортным головкам. Интернет-торговля позволяет заказать самые раритетные модели и иглы к ним. Как уже отмечалось, многие ценители качественного звука (любители и профессионалы) считают, что именно головка звукоснимателя определяет характер звучания проигрывателя.

К бочке меда полагается ложка дегтя: купить проигрыватель «Электроника Б1-01» в приемлемом состоянии весьма непросто (видимо, постарались самодельщики), определенные трудности представляет и приобретение других «раскрученных» моделей.

Выбираем проигрыватель для доработки

Авторы настоящей книги решили проверить идею построения высококачественного проигрывателя на базе некогда распространенного устройства, приобретение которого не составит особого труда.

Внимание! ***Идея использования конкретной модели проигрывателя принадлежит Владимиру Ульянову (http://astral-for.narod.ru/index/jncn.htm).***

Ранее упоминалось, что прямоприводные модели практически не поддаются доработке, поэтому стоит остановиться на фрикционных и ременных. На первый взгляд, фрикционный привод представляется неким анахронизмом, мораль-

но устаревшей технологией. Технические параметры также не блещут:

- велики (по сравнению с другими типами приводов) детонация, уровень рокота;
- резиновый ролик со временем изнашивается, деформируется...

Но, как часто случается, звучание «роликовых» проигрывателей высоко ценится в кругах аудиофилов. Особой популярностью пользуются вертушки с улучшенной фрикционной передачей, например, «Торенс-124» (**рис. 1.5**, **рис. 1.6, рис. 1.12**), ставшая «культовой». Приобрести эту модель в хорошем состоянии дешевле 1000 долларов практически невозможно. Фирмы-производители опоздали с внедрением улучшенной фрикционной передачи — таких моделей было выпущено немного, поскольку на рынке уже появились качественные ременные приводы. Что же делать небогатым аудиофилам и просто любителям поработать собственными руками и головой? Хотя таких немало и среди состоятельных людей!

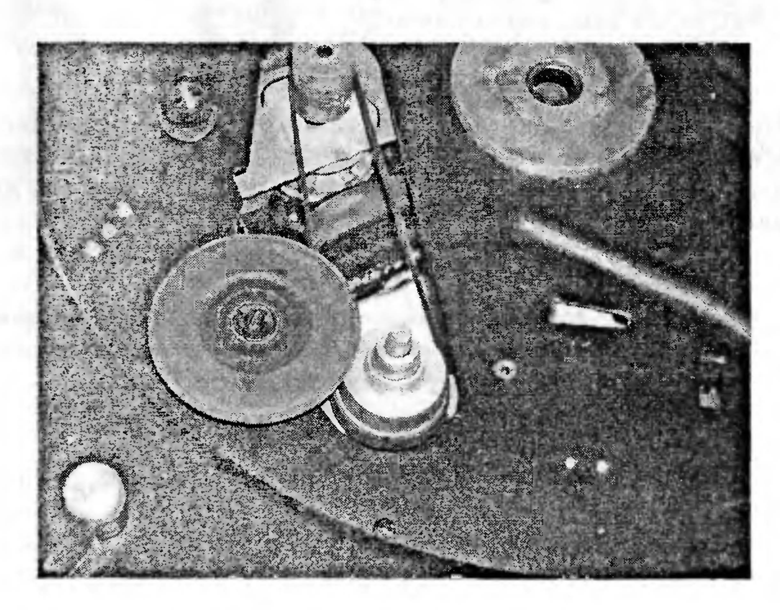


Рис. 1.21. *Улучшенный фрикционный привод*

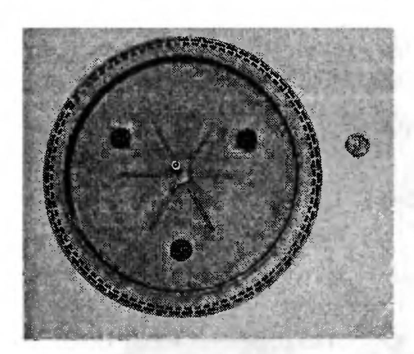


Рис. 1.22. *Диск*

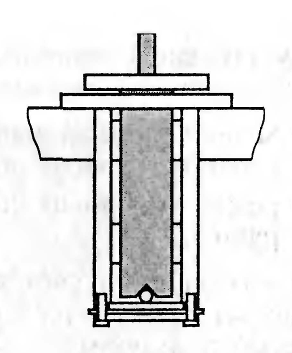


Рис. 1.23. *Подшипник диска*

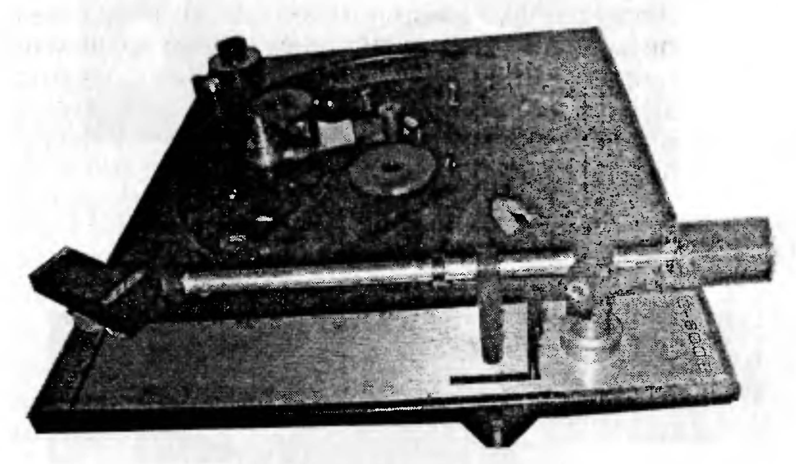


Рис. 1.24. *Тонарм*

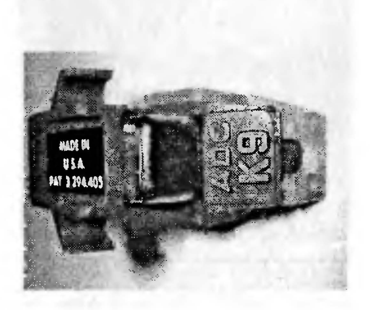


Рис. 1.25. *Головка ADC-K9*

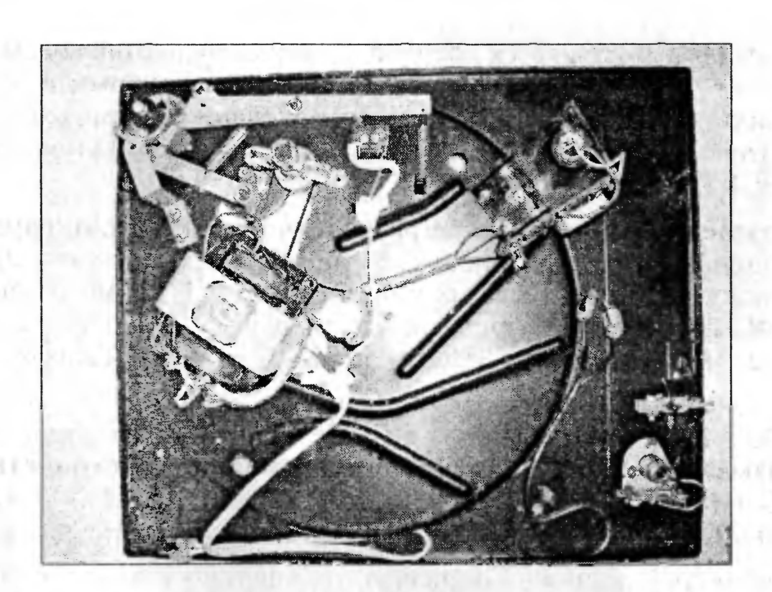


Рис. 1.26. *Вид изнутри*



Рис. 1.27. *Проигрыватель «Вега-106»*

Очевидно, им придется по душе проигрыватель с приводом на основе улучшенной фрикционной передачи, массивным диском, классическим подшипником, прямым тонармом и высококачественной головкой звукоснимателя. Посмотрите на фотографии **рис. 1.21—1.26**.

Создается ощущение, что разработчики данного аппарата использовали все лучшее, что применялось ведущими производителями в 70-х годах прошлого века! Помимо головок **ADC-K9 (рис. 1.25)** применялись и другие, не менее достойные: **M-44MB** фирмы **«Shure»** и **T2001** фирмы **«Tenorel»**.

А теперь раскроем секрет: перед вами проигрыватель «Вега-106», изготовленный в СССР на базе стола (тогда это называлось **ЭПУ — электропроигрывающее устройство) «G-600B»** производства польской фирмы **«UNITRA» (рис. 1.27)**.

Эта модификация — первая и, по мнению авторов книги, лучшая в 106-м семействе (и, пожалуй, среди всей продукции «UNITRA»; выпускалось несколько модификаций, существенно отличавшихся друг от друга, в частности, типом привода).

Следует отметить, что звучание проигрывателя довольно невыразительное, но виноваты в этом не польские разработчики, а их советские коллеги — изготовители корпуса и корректора **(рис. 1.28)**.

К сожалению, тенденция ухудшения качества узлов и, соответственно, звучания усиливалась год от года. Добротные головки ADC, Shure и Tenorel были заменены посредственными серии MF от «UNITRA» (клон головки T2001 фирмы Tenorel, существенно уступающий прообразу в качестве звучания), а ЭПУ серии «G-600» — безликой «G-602». Также использовались головки ГЗМ-105 производства СССР, превосходящие «UNITRA», но уступающие ADC, Shure или Tenorel).

Отчет по доработке проигрывателя хотелось бы начать ab ovo — с приобретения.

Приобретение

Хорошие результаты дает опрос (обход) друзей, родственников, знакомых, соседей. Но есть гарантированно успешный вариант — объявление в газету. Практика показывает, что желающих расстаться со старым ненужным хламом достаточно много, а в качестве условий их удовлетворяет самовывоз в купе с символической суммой порядка 200—300 рублей. На что следует обратить внимание при покупке?

1. **Внешний вид**, особенно состояние крышки свидетельствуют об аккуратности обращения с устройством; также желательно наличие запасных частей: пасика, фрикционного ролика и пакетика со смазкой.

2. **Наличие головки звукоснимателя** (лучше, если это будет ADC, Shure или Tenorel). Если повреждена либо отсутствует игла, то не стоит отказываться от проигрывателя, т.к. оригинальная игла, вероятно, была в плачевном состоянии...

Конечно, сейчас нетрудно приобрести новую высококачественную головку, но это будет дороже (в случае покупки головки одного класса с перечисленными выше), да и «винтажного» звучания таким образом не добиться.

Вставки с иглами — как «винтажные», не бывшие в употреблении, так и «новодел» — можно купить на всемирном виртуальном аукционе eBay: www.ebay.com. В случае, если продавец не принимает денежные переводы (money transfer) через систему Western Union (кстати, весьма рискованный для покупателя способ оплаты) или (и) не желает выслать товар в Россию, то придется воспользоваться услугами посредников, например http://www.pregrad.net/; также полезно посетить русскоязычный форум, посвященный этому аукциону: http://www.ebay-forum.ru/phpBB2/.

3. **Состояние подшипника и оси диска**. Покачайте диск рукой в продольном направлении — какой-либо люфт недопустим! Затем подтолкните диск в направлении касательной, по часовой стрелке — чем больше оборотов он совершит, тем лучше. Приложите фонендоскоп к поверхности стола: в процессе вращения подшипник не должен скрипеть! Снимите мат, установите ручку выключателя (на столе) против белой точки, аккуратно извлеките диск, установите ручку напротив

красной точки — ролик должен прижаться к шкиву: необходимо убедится в отсутствии или незначительности износа подшипника в направлении прямой, соединяющей оси диска и ролика.

4. Работоспособность электродвигателя привода, исправность лампы стробоскопа. Включите проигрыватель. Если проигрыватель не включается, то следует разобраться, почему (предохранитель, контакты, провода, трансформатор). Не забудьте взять с собой тестер!

5. Общее состояние кинематики. Отрегулируйте по стробоскопу скорость вращения диска (без пластинки). Через 5—7 минут проверьте положение меток — чем оно стабильнее, тем лучше. Разумеется, не стоит ожидать, что метки застынут в одном положении (за 27—28 лет по крайней мере пасик изрядно деформировался; частота электрической сети отличается от 50 Гц и т.д.).

6. Состояние тонарма. Осмотрите тонарм, убедитесь, что трубка не деформирована, а регулировочные винты крепления шелла и поворотного механизма не имеют характерных следов на шлицах, оставляемых отверткой. Особое внимание обратите на состояние головок винтов вертикальной подвески тонарма — они также не должны иметь следов «настройки». Метки для установки усилия прижима (риски и цифры на трубке тонарма) должны быть хорошо видны.

Проверьте наличие ползунка с пружиной: в положении ползунка «2» пружина не должна провисать, также недопустимы узлы и пропуски витков; при внешней простоте этот узел выполняет две важные функции: установки прижимной силы (цифры на трубке соответствуют граммам) и антискейтинга. Убедитесь, что микролифт комплектен и исправен.

Работаем с «Вега-106»

Авторы и издательство не несут ответственности за теоретически возможный вред, причиненный вам и вашим близким при повторении или доработке любых конструкций, изложенных в данной книге.

Внимание! ***Проигрыватель «Вега-106» — электрический прибор, отдельные элементы его конструкции находятся под опасным для жизни напряжением. Все доработки следует производить после отключения проигрывателя от электросети, для чего необходимо не только отключить кнопку питания на лицевой панели, но и вынуть вилку из электрической розетки.***

Выключите проигрыватель, выньте вилку из розетки. Переведите ручку выключателя в положение «выключено» (белая точка). Наденьте защитный колпачок на головку. Снимите мат (коврик), извлеките диск, поднимая его вертикально, стараясь избежать перекосов; диск следует держать двумя руками. Переверните диск валом вверх и аккуратно положите на ровную поверхность (**рис. 1.22**). Убедитесь, что микролифт поднят, а тонарм — надежно закреплен (**рис. 1.24**).

Аккуратно приподнимите стол, при этом могут выпасть пружины подвеса — не обращайте внимания. Придерживая стол левой рукой, правой отсоедините два разъема, отдаленно напоминающих RCA (т.н. «тюльпан») от платы коммутации, а затем разъем питания отсоединить от колодки, расположенной левее трансформатора. Теперь можно перевернуть стол. Убедитесь, что винты крепления поворотного подшипника тонарма (**рис. 1.26**, справа внизу) не подвергались самостоятельным регулировкам: красная краска не должна иметь характерных сколов.

Итак, вы — счастливый обладатель проигрывателя, а точнее — полуфабриката для его изготовления. И пока вставка с иглой звукоснимателя (или головка целиком) пересекает Атлантику, можно заняться доработкой проигрывателя.

Не спешите выбрасывать корпус (**рис. 1.28**) с блоком питания и корректором — он еще пригодится. Изначально авторы предполагали подключить проигрыватель к кассетной деке и фиксировать на магнитную ленту какую-нибудь сложную музыкальную композицию, например «Токката и фуга ре минор» И.-С. Баха после каждой манипуляции по доработке, что позволило бы впоследствии провести «слепой тест» для

определения наиболее значимых доработок с точки зрения их влияния на качество звучания.

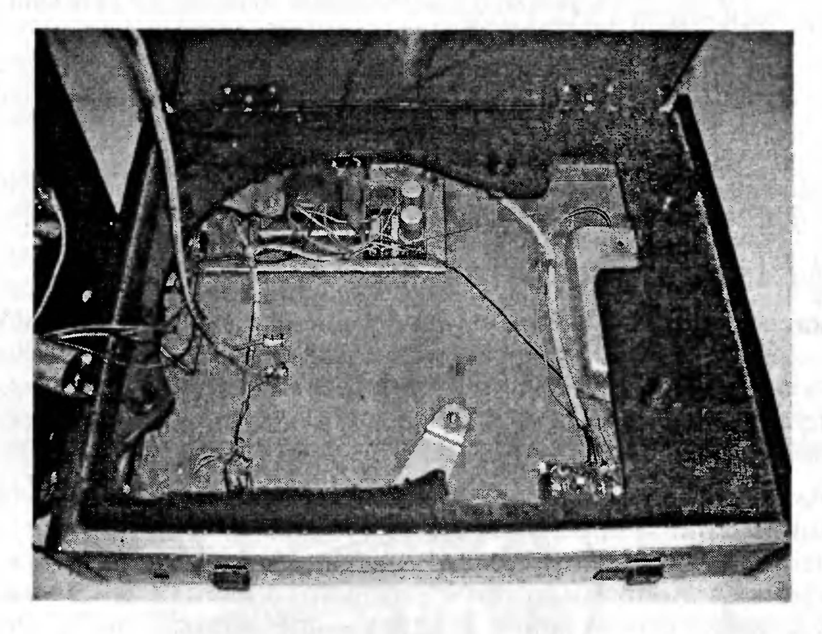


Рис. 1.28. *Корпус*

Эта неплохая на первый взгляд идея не материализовалась — перевесили контраргументы.

Во-первых, восприятие музыки субъективно, поэтому следует оценивать подачу не музыкального произведения, а тестового диска, которым авторы книги не располагали. Сигналы, воспроизводимые с тестового диска, напротив, объективны — их параметры нетрудно измерить, а форму наблюдать на экране осциллографа.

Во-вторых, качественный тракт должен быть предельно коротким, при прослушивании магнитофонной записи добавляются два дополнительных звена: усилитель записи и усилитель воспроизведения; следует учитывать нелинейность

самого магнитного носителя и детонацию лентопротяжного механизма.

В-третьих, невысокое качество встроенного в проигрыватель предусилителя-корректора.

Профилактическое обслуживание

Прежде всего, выполним профилактическое обслуживание проигрывателя, для чего внимательно прочитаем фирменную инструкцию. То, что нас интересует, представлено на **рис. 1.29.**

Примечание. ***Здесь и далее «Электрограммофон G-600B». Инструкция по обслуживанию. «Unitra Fonica».***

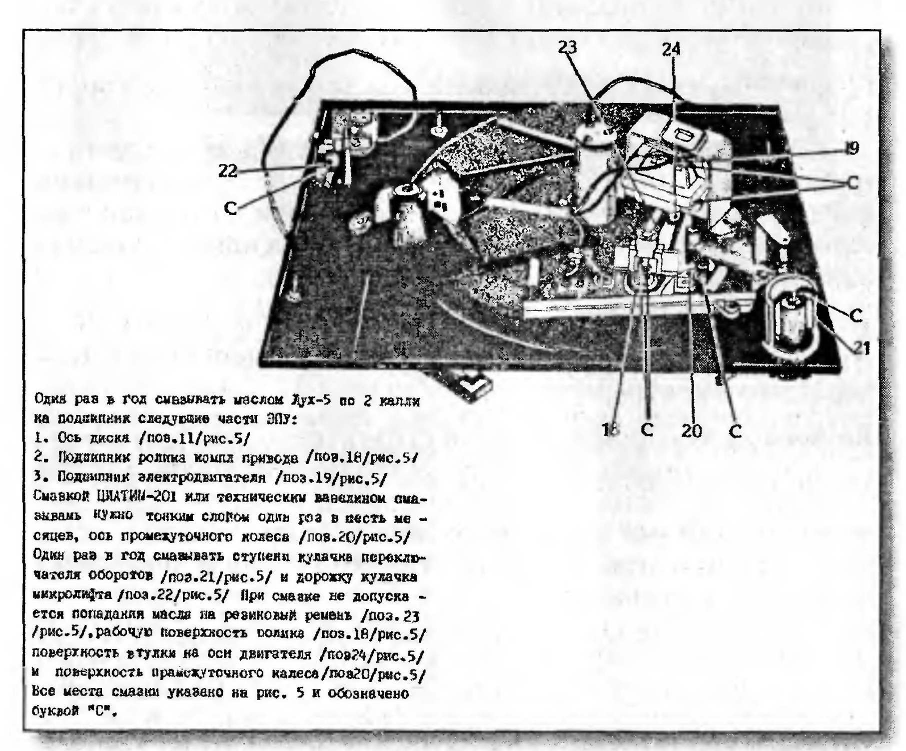


Рис. 1.29. *Фрагмент инструкции по обслуживанию проигрывателя*

Удалим старое масло при помощи чистой сухой ткани и пинцета, чистку производим до тех пор, пока на кусочках ткани перестанут оставаться следы масла. Затем чистим таким же образом, но тканью, смоченной в бензине «Калоша».

Внимание! ***Не допускать попадания масла, бензина и др. жидкостей, используемых при доработке проигрывателя, на резиновые изделия: ролик, пасик, мат, элементы виброразвязки двигателя и стола, головку звукоснимателя.***

После полного испарения бензина (15—20 мин) **приступаем к смазыванию**. Оригинальное масло — «Лух-5» (надо полагать «Люкс-5», вероятно, сказались огрехи перевода с польского языка на русский) можно с успехом заменить на моторное полусинтетическое масло «CASTROL-GTX 10W40».

Смазку «ЦИАТИМ-201» также можно купить в магазинах, торгующих автомаслами, но лучше использовать технический вазелин или сервисную смазку **Panasonic**. Масло следует наносить согласно инструкции — по 2 капли на подшипник (именно капать, а не лить!). Для правильной дозировки масла и смазки труднодоступных узлов удобно применять стеклянный рейсфедер или медицинский шприц.

Подшипник поворотного узла тонарма предварительно очистить и обезжирить, затем смазать 2 каплями масла «CASTROL-GTX 10W40»; аналогичным образом следует смазать верхний подшипник двигателя, подождать 5—10 минут, вращая вал двигателя рукой, а затем перевернуть стол и смазать нижний подшипник.

Фрикционный ролик и пасик желательно заменить запасным, но, учитывая трудности приобретения (особенно ролика), можно на первое время ограничиться отмачиванием их в течение суток в чистом этиловом спирте. Но никаких водок, денатуратов и т.п.! Разумеется, речь идет лишь о частичном восстановлении их механических свойств. Если есть возможность, воспользуйтесь услугами специализированных фирм, например http://www.turntablebasics.com/idlerwheels.html — занимается полным восстанов-

лением фрикционных роликов. Конечно, стоит это недешево (45—65 долларов), да и займет такой ремонт, с учетом пересылки в США и обратно, несколько месяцев...

Альтернативные варианты таковы. Попробовать заказать изготовление в России; поискать в Интернете данные по роликам для различных проигрывателей зарубежного производства. Возможно, найдется подходящий по размерам. Купить такой ролик не составляет большого труда — в Интернете давно сформировался рынок запасных частей для аудиоаппаратуры.

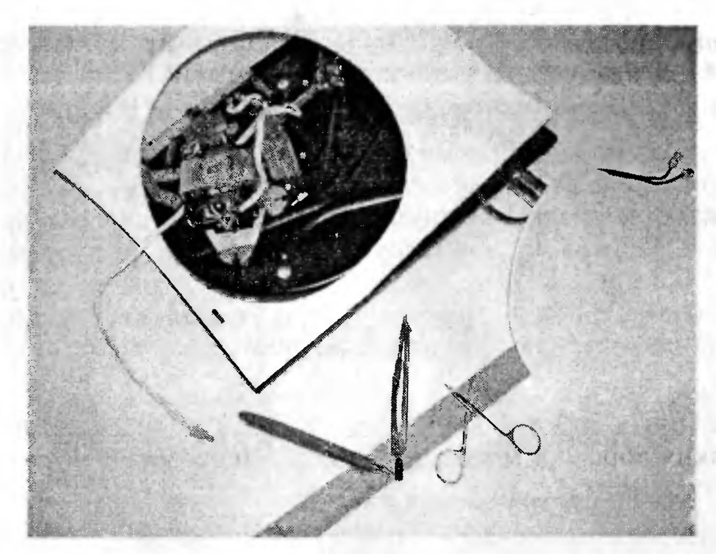
Необходимо **очистить ведущий шкив** от налипшей на него грязи (**рис. 1.21**): очистку производить с помощью ластика (никаких абразивных материалов!). Шкив, разумеется, должен быть снят с вала двигателя.

При помощи пылесоса удалите **пыль из корпуса**, установите стол, включите проигрыватель. Через несколько минут **отрегулируйте скорость вращения** по стробоскопу, понаблюдайте за положением меток — надеемся, что оно стало более устойчивым.

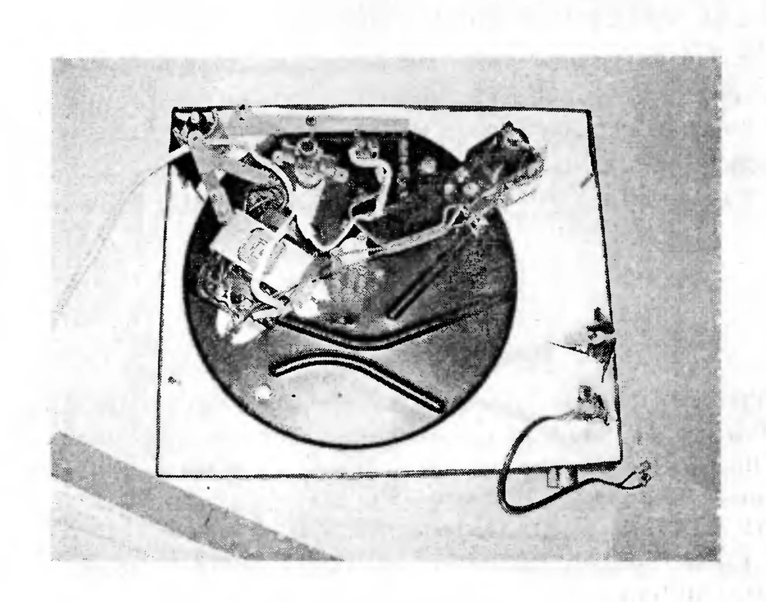
Выключите проигрыватель, прислоните мембрану фонендоскопа к поверхности стола, постучите карандашом по разным узлам: тонарму, шеллу, торцу диска, шпинделю, столу в разных точках — попробуйте запомнить или записать свои впечатления.

Демпфирование стола

Теперь можно приступать к **демпфированию стола**. Авторы использовали **изол** — полимерный материал, обладающий хорошим звукопоглощением (продается в магазинах строительных товаров); толщина листа — 4 мм. Последовательность наклейки клеем «Момент-универсал» показана на **рис. 1.30.*а—д*** и не представляет большой сложности. Необходимо лишь следить, чтобы кусочки изола не касались подвижных элементов, а также приложить некоторые усилия при установке резиновых элементов подвеса двигателя, т.н. «грибов» (**рис. 1.30.*в, д***).



а — подготовка

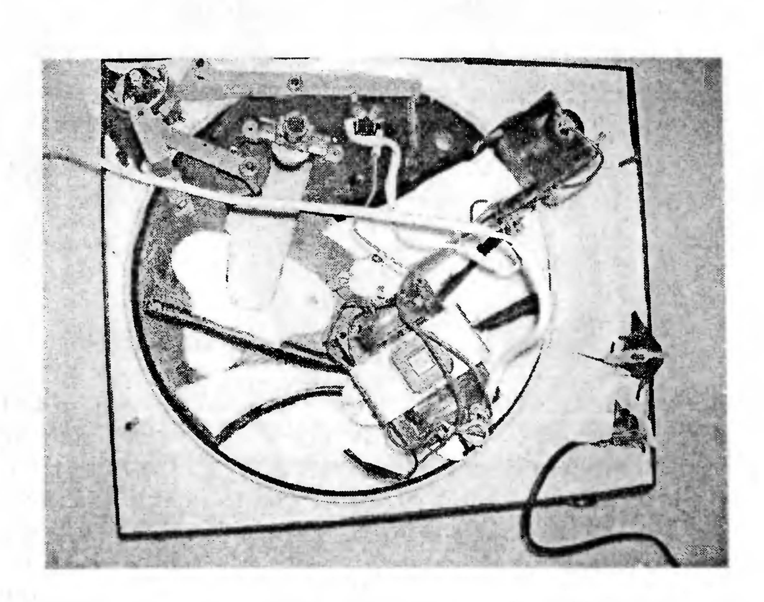


б — внутренняя сторона

Рис. 1.30. *Виброизоляция стола*

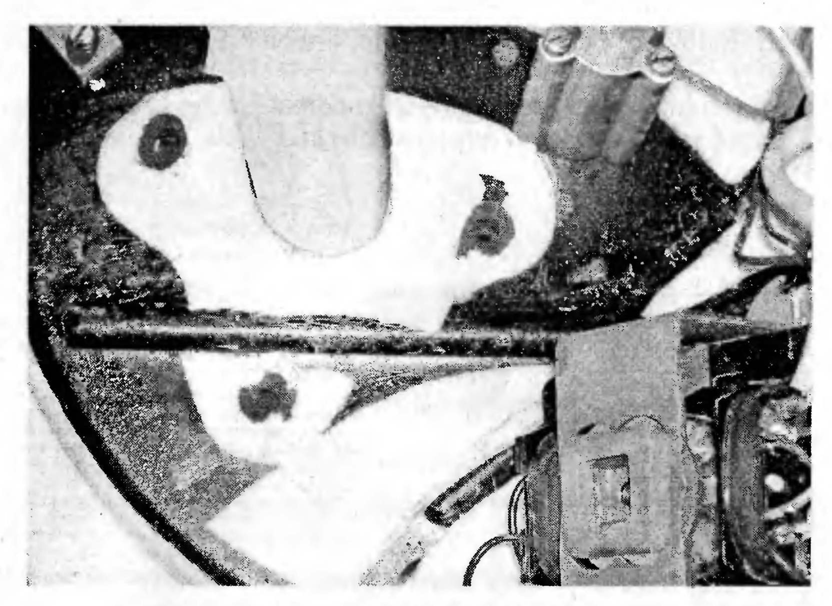


в — внешняя сторона



г — внутренняя сторона, дополнительное демпфирование

Рис. 1.30. *Виброизоляция стола (продолжение)*



д — внутренняя сторона, площадка под двигателем

Рис. 1.30. *Виброизоляция стола (продолжение)*

После высыхания клея (24 часа) устанавливаем стол в корпус и повторяем прослушивание с помощью фонендоскопа.

О проводах

Замена проводов, а также их «прогрев», «направленность», постановка на опоры и т.п. — излюбленные темы для дискуссий на аудиофильских форумах. Авторы предлагают выбрать провода тонарма по результатам прослушивания, на ваш вкус. Диапазон весьма широк: константановый в бумажной изоляции, МГТФ, фирменные межблочные и микрофонные кабели, витая пара 5-й категории... А результаты могут быть самыми неожиданными.

Тем не менее, **рекомендуем** выполнить кабель одним куском от головки до выходных разъемов RCA («тюльпан»), без про-

межуточных паек. Соединение проводов с выводами головки произвести механически, закрепив соединение при помощи тонкого кольца, вырезанного из кусочка ПВХ-изоляции монтажного провода подходящего сечения (**рис. 1. 31**).

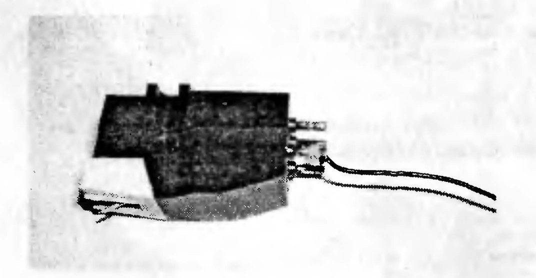


Рис. 1.31. *Соединение проводов тонарма с выводами головки*

Предварительная оценка качества звуковоспроизведения

Далее необходимо извлечь из корпуса **элементы подвеса** — четыре пружинные вставки, установить стол непосредственно на верхнюю панель. Желательно подложить под ножки твердую ровную плиту, например, из ЛДСП. С помощью уровня добиваемся горизонтального положения площадки тонарма и поворотного диска путем подкладывания мелких монет под соответствующие углы плиты. Регулируем прижимную силу, для чего обратимся к инструкции. Перед настройкой прижимной силы авторы рекомендуют открутить противовес и намотать на резьбовой участок трубки тонарма несколько слоев ФУМ (сантехнической фторопластовой ленты). В противном случае **возможен саморазворот** противовеса. Также очень важно добиться строго горизонтального положения стола, в противном случае скатывающая сила окажется нескомпенсированной, приводя к заметным искажениям.

Подключив проигрыватель к усилителю можно произвести предварительную оценку качества звучания.



8. Ползунок для регулировки давления иглы на пластинку
9. Противовес
10. Кронштейн, фиксации тонарма
11. Диск

Для установки нажима иглы на грамофонную пластинку необходимо ползунок /8/, передвигая по тонарму, установить против деления "0", обозначенном на наклейке тонарма. Снять защитный колпачок /16/ с иглы звукоснимателя /13/ и установить тонарм в состояние равновесия, вращая противовес. После этого одеть защитный колпачок и установить ползунок против деления "2" наклейки тонарма, что соответствует нажиму иглы на пластинку 2,0 г.

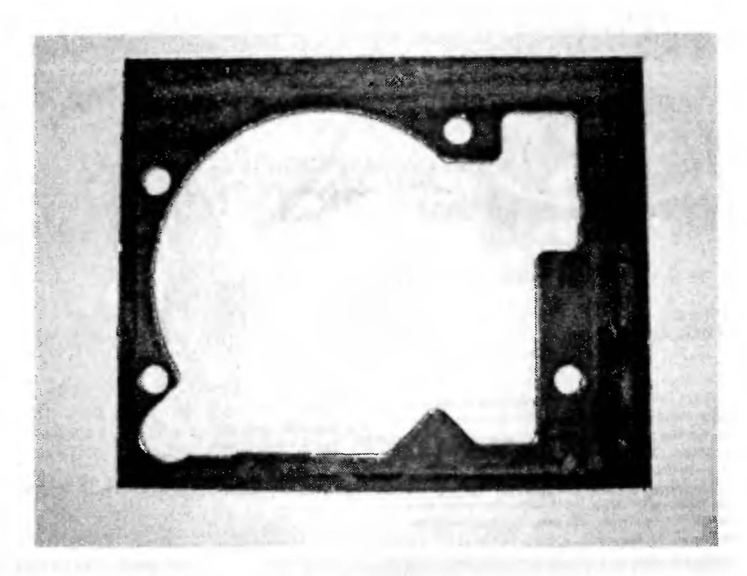
. Игла головки звукоснимателя
14. Винт
15. Головк звукоснимателя
16. Защитный колпачок
17. Комплектный ползун

Рис. 1.32. *Фрагмент инструкции по обслуживанию проигрывателя*

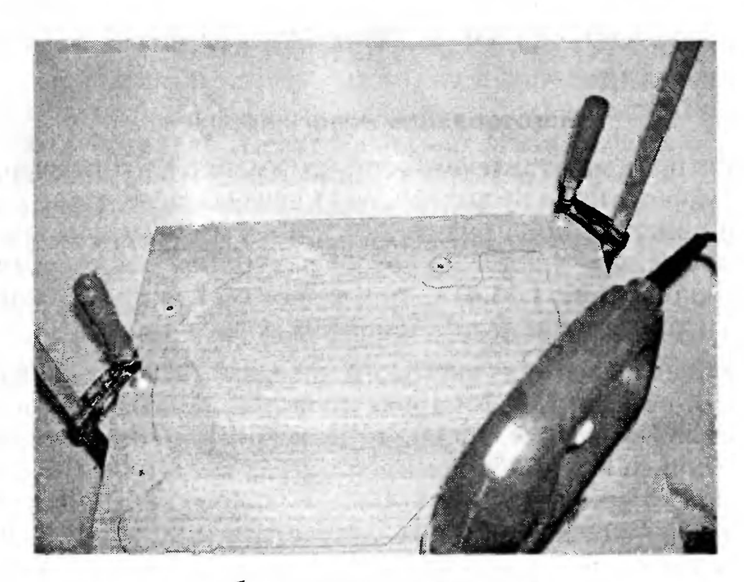
Изготовление нового корпуса

Переходим к **изготовлению** корпуса (именно к изготовлению, так как «штатный» не выдерживает критики вследствие хлипкости конструкции, приводящей к появлению массы дополнительных призвуков). Для этого аккуратно извлечем верхнюю панель (**рис. 1.33.*а***) — она может послужить шаблоном для изготовления и даже элементом нового корпуса.

Вырежем лобзиком из листового материала несколько копий верхней панели: их суммарная толщина должна составлять не менее 70 мм (**рис. 1.33.б, *в***); потребуется еще один лист аналогичных внешних размеров, но не имеющий фигурных вырезов, — днище. Некоторые специалисты полагают, что днище привносит в звучание некоторую «гулкость»; можно посоветовать не приклеивать днище, а закрепить шурупами — окончательное решение принять по результатам прослушивания.

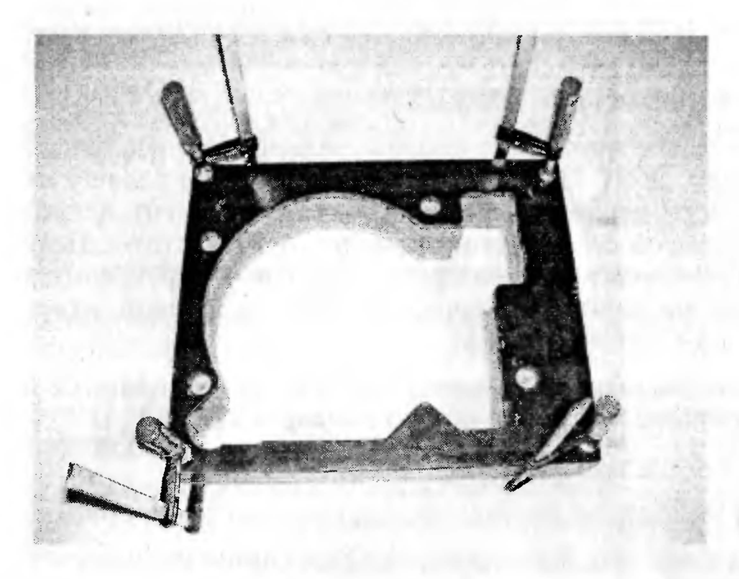


а — верхняя панель — шаблон



б — выпиливание листовых элементов корпуса

Рис. 1.33. *Изготовление корпуса*



в — склеивание



г — стол в готовом корпусе

Рис. 1.33. *Изготовление корпуса (продолжение)*

Готовые элементы промазываются клеем (лучше всего столярным или эпоксидным), собираются в пакет и стягиваются струбцинами (**рис. 1.33.*г***).

В качестве материала корпуса можно использовать: МДФ, фанеру, ДСП. Последняя — худший вариант ввиду избирательного характера демпфирования: степень ослабления резонансов существенно зависит от их частоты. Если есть желание, можно поэкспериментировать с чередованием листов из различных материалов либо с экзотикой: мрамором, деревом, бетоном и т.п.

После высыхания к днищу корпуса прикрепляются шипы. Подробнее **про шипы** можно почитать здесь:

http://www.igdrassil.narod.ru/audio/tips/spikes.djvu

http://www.igdrassil.narod.ru/audio/tips/vibrations.djvu (теория)

http://www.dvdworld.ru/Sam/ship/ship.html (примеры практической реализации).

Перенос трансформатора блока питания

К задней стенке крепится разъем питания. Дело в том, что трансформатор вносит электромагнитные и акустические помехи, вызывает вибрации. Борьба с перечисленными эффектами — задача сложная, поэтому представляется логичным устранить не следствие, а причину — вынести трансформатор в отдельный блок, соединяющийся с проигрывателем лишь кабелем питания.

Внимание! ***Корпус блока трансформатора должен надежно защищать от поражения электрическим током, иметь вентиляционные отверстия, предохранитель и выключатель. Кабель питания и разъем должны быть рассчитаны на использование в сети переменного тока напряжением до 250 В; конструкция разъема должна также исключать возможность поражения электрическим током при коммутации с разъемом проигрывателя.***

В базовом варианте обе обмотки двигателя соединены параллельно и запитаны от вторичной обмотки трансформатора, напряжением 110 В. Соединив обмотки последовательно, можно обойтись без трансформатора, запитав двигатель напрямую от сети 220 В.

Об использовании различных приводов и тонармов

Желающим попробовать приводы и тонармы других типов, рекомендуем... проигрыватель «Вега-106», а именно модификацию со столом «G-600C». Потратив 200—300 рублей, вы становитесь обладателем привода ременного типа и S-образного тонарма.

Последний можно установить в доработанный проигрыватель на основе «G-600B» вместо штатного прямого. **Другой вариант** — доработка стола «G-600C» по рекомендациям, перечисленным выше.

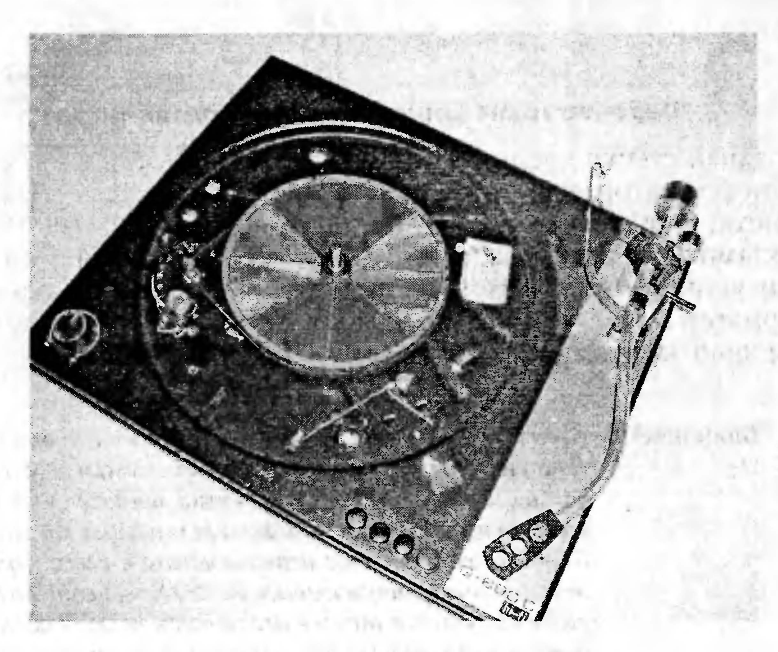


Рис. 1.34. *Стол «Unitra G-600C» (диск снят)*

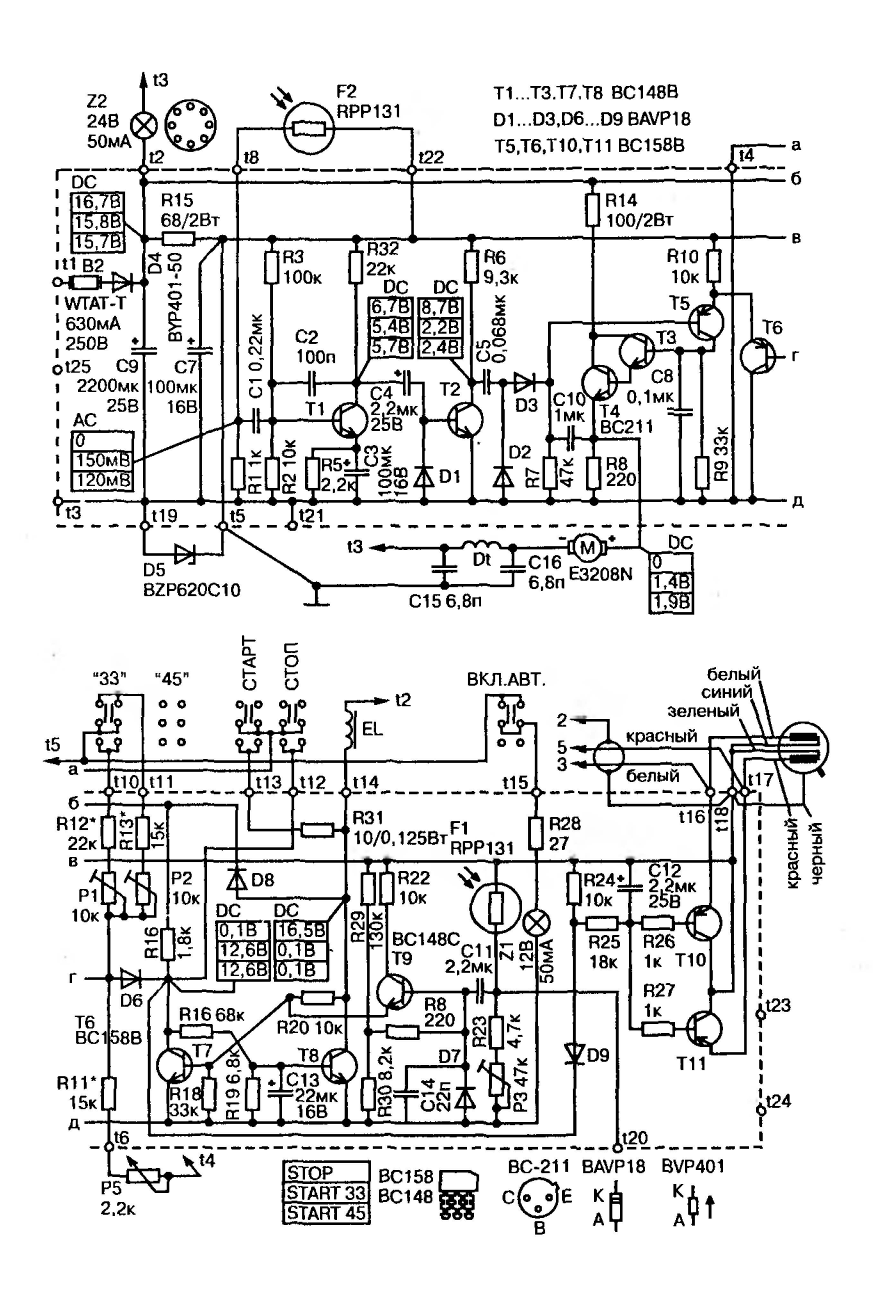


Рис. 1.35. *Электрическая схема «Unitra G-600C»*

Поскольку речь идет о винтажной технике, то ременный привод имеет серьезное преимущество перед фрикционным — отсутствие повышенного износа подшипника в направлении оси ролика, вызванного усилием нажима ролика на поверхность диска. Ременный привод также стремится сместить ось диска в направлении оси двигателя. Но, ввиду гибкости пасика, нагрузка на подшипник и, соответственно, износ пренебрежимо малы. Многое зависит от условий и продолжительности эксплуатации, а также ухода (или отсутствия ухода) за проигрывателем.

Можно добавить еще несколько пунктов, относящихся именно к «G-600C»:

- ввести аккумуляторное питание привода. Для реализации потребуются два аккумулятора 12 В/7 А·ч, соединенных последовательно и подключенных к точкам t1 («+» питания) и t3 («–»питания) электрической схемы **(рис. 1.35);**
- выводы головки звукоснимателя необходимо отключить от точек t16, t17, t18 электрической схемы;
- лампу стробоскопа, работающую от напряжения сети, можно запитать через внешний отключаемый трансформатор подобно тому, как это было сделано при доработке стола «G-600B»; лампу следует включать при подстройке частоты вращения диска и отключать при проигрывании грампластинки;
- трубку тонарма можно задуть изнутри монтажной пеной.

Внимание! ***При изготовлении корпуса следует иметь ввиду, что вырез в верхней панели у столов «G-600C» и «G-600B» несколько отличается.***

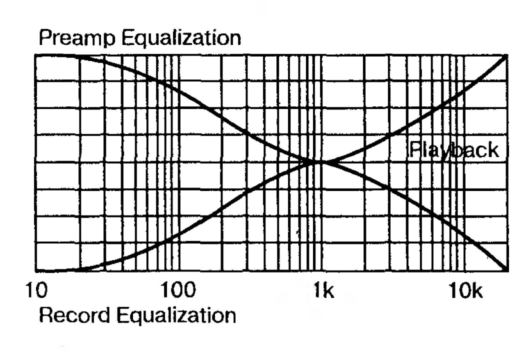
1.2. Усилитель-корректор

1.2.1. Принципы работы и обзор конструкций

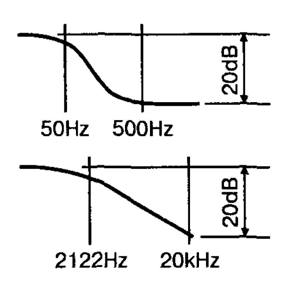
О необходимости корректирующего усилителя

В разделе, посвященном узлам проигрывателя, упоминалось, что даже ММ-головки обеспечивают выходное напряжение порядка нескольких милливольт. При типовой чувствительности современных ламповых усилителей мощности (около 1 В) становится очевидной необходимость дополнительного звена усиления. Но одного усиления недостаточно, требуется также т.н. **коррекция воспроизведения.** Соответствующие устройства носят название **корректирующего усилителя** (винил-корректора, усилителя-корректора).

Дело в том, что если бы запись оригиналов грампластинок велась с линейной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ), то длительность фонограммы существенно сократилась, а воспроизведение высоких частот сопровождалось заметным уровнем шумов [2]; поэтому АЧХ записи и воспроизведения представляют собой симметричные относительно уровня 0 дБ (сигнал частотой 1000 Гц) кривые. Результирующая АЧХ при этом (теоретически) будет линейной.



а — стандартные (RIAA) АЧХ записи и воспроизведения



б — точки перегиба кривой воспроизведения RIAA

Рис. 1.36. *Стандарт RIAA*

В качестве международного стандарта принята форма коррекции, разработанная ассоциацией звукозаписывающих компаний США (RIAA) (**рис. 1.36.*а***).

Точки перегиба кривой воспроизведения RIAA следующие: 50, 500, 2122 Гц (**рис. 1.36.*б***). Исчерпывающая информация по RIAA-коррекции, включая расчетные формулы для построения кривой, доступны здесь:

http://digilander.libero.it/paeng/riaa_sheet.xls.

Активная коррекция воспроизведения

Практическая реализация коррекции воспроизведения обеспечивается различными способами, которые можно разделить на несколько групп.

Активная коррекция — предполагает включение элементов цепи коррекции в петлю обратной связи. В качестве примера можно привести схему корректора (**рис. 1.37**).

Цепочка коррекции C2—C4, R12 включена в цепь ООС. С точки зрения современных подходов к конструированию высококачественной аппаратуры данная схема абсолютно неприемлема:

- помимо общей ООС имеются две местные — в первом и третьем каскадах (последний вообще представляет собой катодный повторитель — каскад, охваченный стопроцентной ООС!);
- довольно спорной является реализация блока питания — умножитель напряжения на полупроводниковых диодах и сглаживающий RC-фильтр;
- лампы ECC83 (российский аналог — 6Н2П) отвергаются многими специалистами как «незвучащие».

Самое удивительное, что данная схема весьма популярна в кругах аудиофилов. Объективным плюсом корректора является низкое выходное сопротивление, облегчающее согласование с усилителем мощности и минимизирующее требования к межблочному кабелю.

Внимание! ***Замечания и дополнения, внесенные авторами книги, отражают их собственный подход к разработке аудиоаппаратуры и не имеют ничего общего с поверхностной критикой, а тем более очернением приведенных конструкций, большинство из которых отличает действительно высокое качество звучания.***

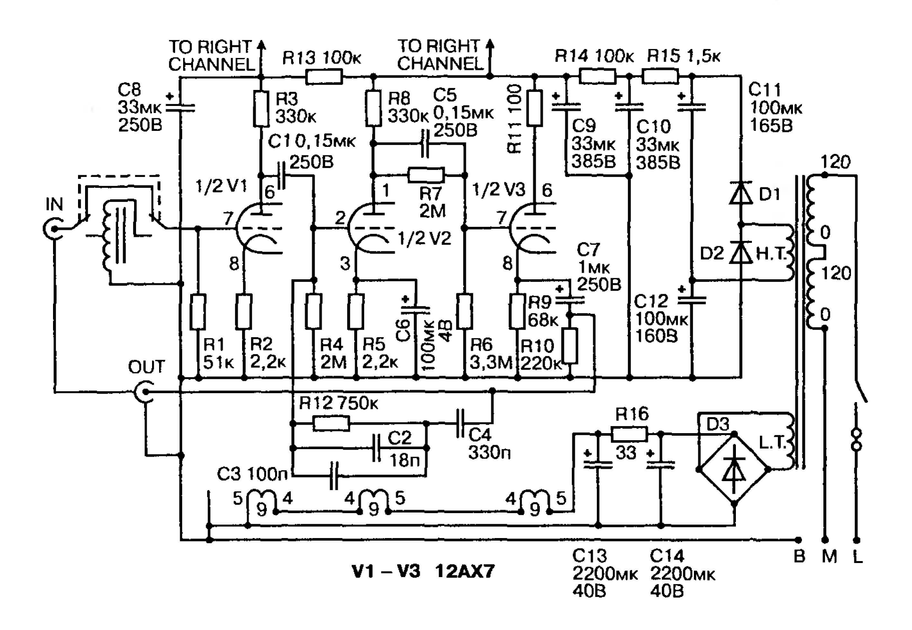


Рис. 1.37. *Корректор EAR-834P*

Не следует также впадать в другую крайность — слепо верить в непогрешимость разработчиков, в т.ч. зарубежных, — ошибок хватает даже у самых маститых.

Кредо авторов данной книги: ошибки подлежат исправлению, а использование ремарок должно уподобляться добавлению специй в блюдо — чуть оттенять, не меняя, оригинальный вкус.

Пассивная коррекция воспроизведения

Пассивная коррекция не использует ОС. Она может быть реализована посредством **сосредоточенной цепи** (резисторы номиналом 180, 32, 1 кОм и конденсаторы 0,01 и 0,0033 мкФ) **(рис. 1.38)**.

Внимание! ***Цепи коррекции, рассмотренные далее, снижают усиление на 20 дБ, что необходимо учитывать при расчете корректоров.***

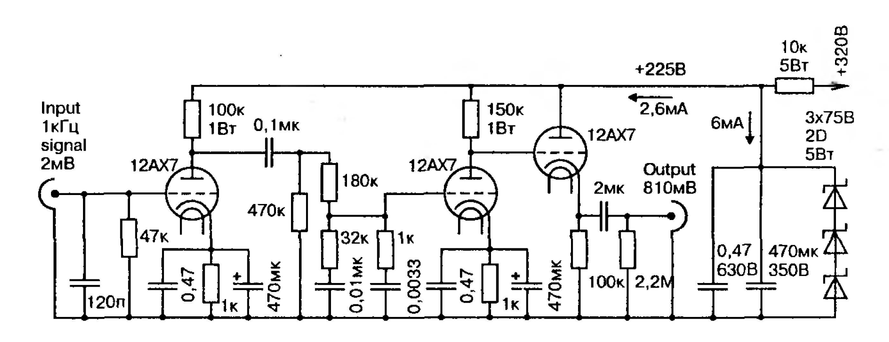


Рис. 1.38. *Корректор «TurnerAudio» как пример сосредоточенной цепи коррекции*

Для расчета такой цепи можно воспользоваться программой «KAB PASSIVE RIAA EQ NETWORK COMPUTER», доступной на сайте http://www.kabusa.com/riaa.htm.

Схема напоминает корректор (**рис. 1.37**). Даже используемые лампы 12AX7 — аналог ECC83 (6Н2П). Отличается только напряжением накала: 12AX7 — 6,3 и 12,6 В (в зависимости от коммутации), ECC83 (6Н2П) — 6,3 В, что наводит на мысль о сходном с EAR-834P характере звучания. Еще один вариант реализации пассивной коррекции — **распределенная цепь**.

Как явствует из названия, подобная цепь стоит из нескольких звеньев, распределенных между различными каскадами усиления (**рис. 1.39**).

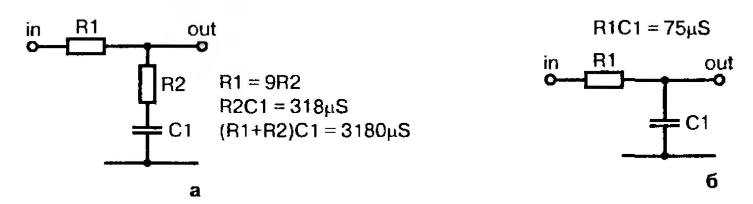


Рис. 1.39. *Расчет распределенной цепи коррекции*

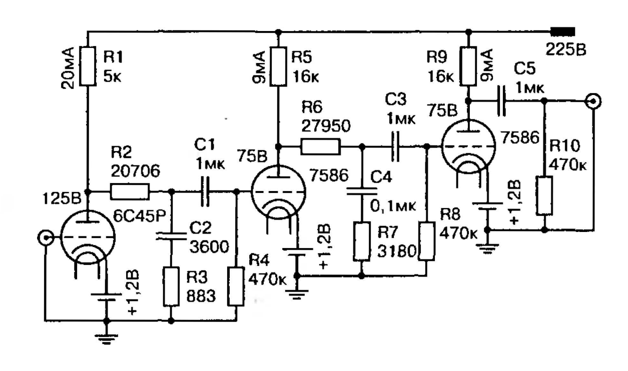


Рис. 1.40. *Корректор Бьорна Аахольма с распределенной цепью коррекции*

Реализация пассивной RC-коррекции

В качестве **примера** можно привести схему (**рис. 1.40**), представляющую собой разновидность известной схемы Артура Лэша. **Цепь коррекции** состоит из двух звеньев: R3, C2, R2 и R7, C4, R6.

В качестве лампы первого каскада используется советская/российская 6С45П, во втором и третьем — нувисторы, ана-

логичные 6С51Н. **Смещение всех ламп** — батарейное. При указанном наборе ламп, усиления достаточно для работы с МС-головкой напрямую, т.е. **без повышающего трансформатора**. Отметим, что далеко не все специалисты одобряют подобный (бестрансформаторный) вариант. Использование качественных элементов и грамотный монтаж схемы позволяют добиться высококачественного звучания. **К недостаткам** можно отнести инвертирование корректором фазы входного сигнала (неизбежное при нечетном числе каскадов с резистивной нагрузкой в аноде) и отсутствие развязки каскадов по питанию (ошибка разработчика).

Примечание. ***Авторы книги настоятельно рекомендуют производить проверку правильности расчета цепей коррекции, т.к. разработчики нередко допускают серьезные ошибки либо манкируют требованиями стандарта (RIAA) в угоду собственному «особому» взгляду на звуковоспроизведение.***

Цепи коррекции также можно классифицировать **по типу используемых элементов**. Например, во всех рассмотренных выше схемах используется **RC-цепь (RC-коррекция)**, состоящая из резисторов (R) и конденсаторов (С).

RC-коррекция получила наибольшее распространение во времена «золотого века радиолампы» (до 1960-х гг.) ввиду низкой стоимости элементов и простоты реализации, перейдя вместе с другими схемотехническими решениями и в конструкции времен «лампового ренессанса» (с 1990-х гг.). Последний совпал с периодом массового распространения сети Интернет, которая предоставила новые, по сути безграничные информационные возможности, позволив наладить контакты между самодельщиками разных стран.

Реализация пассивной RLC-коррекции

Этот фактор, наряду с усилиями таких энтузиастов, как Жан Хирага, сделали японские разработки доступными для чита-

телей западных (и позднее российских) аудиожурналов. Выяснилось, что японцы давно научились отделять аппаратуру, правильно воспроизводящую сигналы, от аппаратуры, правильно воспроизводящей музыку. И если первая предназначалась на экспорт в виде добротных коробок с полупроводниковой начинкой и заветной надписью Hi-Fi на лицевой панели, то вторая, кстати, в подавляющем большинстве ламповая, — исключительно для внутреннего потребления — производилась небольшими фирмами либо самодельщиками.

Приведем одну из таких конструкций в качестве примера использования **RLC-цепи** коррекции (**рис. 1.41**). Обратите внимание на **год разработки — 1984**: проигрыватели компакт-дисков (в основном японского производства) начинают вытеснять виниловые вертушки (японские), лампы давно не применяются в аудиотехнике (европейской и американской), а в японских журналах публикуются подобные схемы!

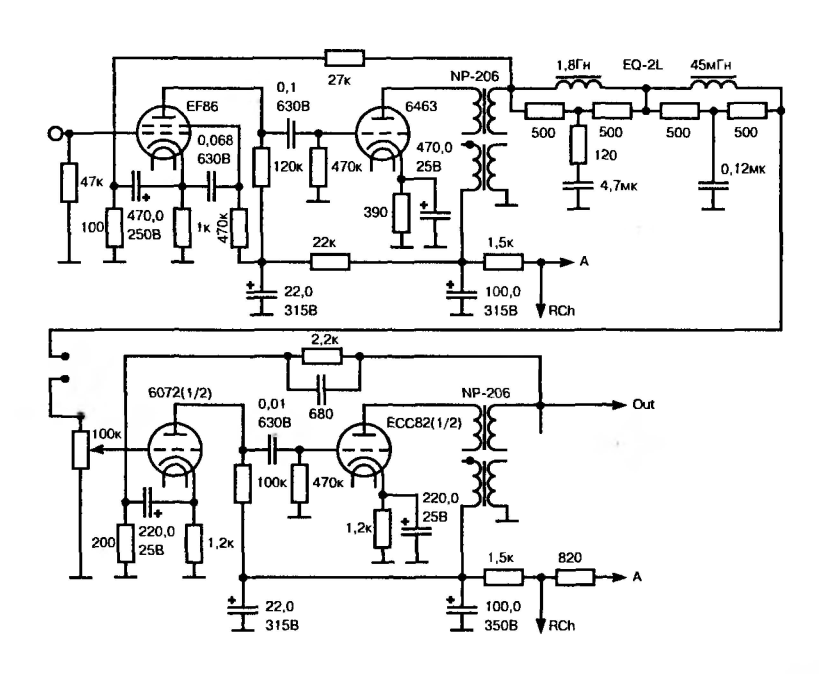


Рис. 1.41. *Корректор с RLC-цепочкой и предварительный усилитель. Разработчик — Ешио Насу (журнал «Radio Gijutsu», 1984)*

Может показаться, что использование индуктивности (L) — схемотехнический изыск инженера-эстета, выбор одного из возможных вариантов реализации цепи коррекции... Но в этом лишь доля истины — инженерная наука, подобно музыке, многомерна.

Достаточно взглянуть на **рис. 1.41**, чтобы понять, что не зря разработчик выбрал RLC-цепочку, под особенности которой (низкое входное и выходное сопротивления) пришлось подстраивать всю схему:

- снижать с помощью трансформатора выходное сопротивление каскада на лампе 6463;
- соответствующее падение усиления компенсировать за счет применения в первом каскаде пентода EF-86.

Примечание. ***Японские самодельщики — категория особая: никогда не пожертвуют качеством звучания (даже пресловутой аудиофильской «музыкальностью») ради схемотехнической эстетики, чем часто грешат их американские и европейские коллеги.***

Реализация пассивной RL-коррекции

Отметим, что наряду с RLC-цепочками японские разработчики широко использовали (и используют) **RL-коррекцию**, применение которой еще на шаг приближает к идеальной звукопередаче. Но дальше других в этом направлении продвинулся наш соотечественник А. М. Лихницкий, предложивший конструкцию **RX-корректора**, в котором роль индуктивных составляющих RL-цепи коррекции играют индуктивности рассеяния выходного трансформатора. Подробнее об этой и других разработках А.М.Лихницкого можно почитать здесь: http://www.aml.nm.ru/articles/rx_corrector.htm.

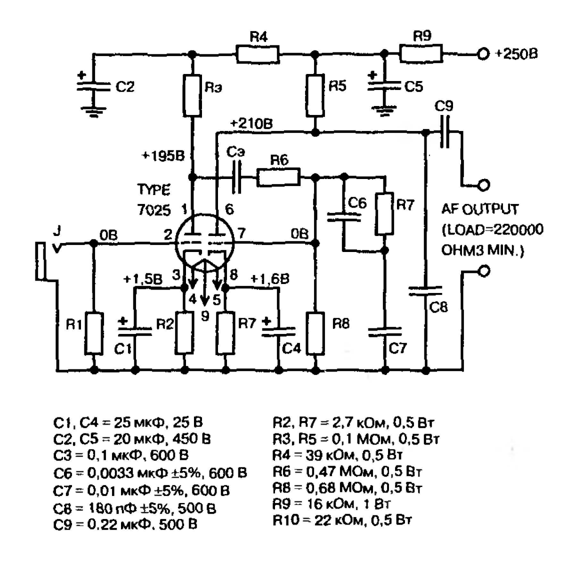


Рис. 1.42. *Корректор RCA*

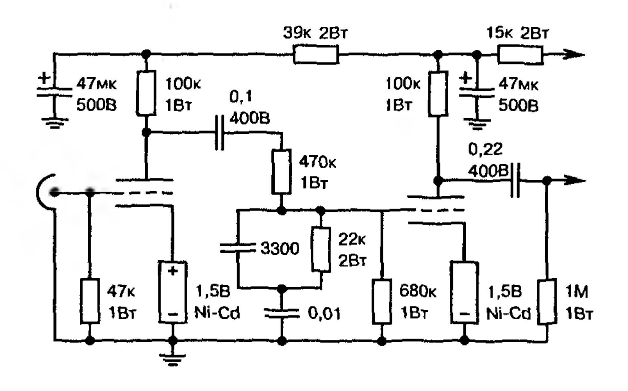


Рис. 1.43. *Корректор RCA (вариант Джозефа Эсмиллы)*

Примечание. ***Изготовление корректора, цепь которого содержит индуктивные элементы, требует немалого опыта и знаний, а расходы на подобный проект могут составить довольно круглую сумму. Поэтому не следует выбирать подобные схемы в качестве «пробного шара». Знакомство с усилителями-корректорами желательно начинать с более простых конструкций на основе RLC-цепочек.***

Какую схему можно предложить для повторения? Пожалуй, лучше всего подойдет корректор всемирно известной фирмы RCA (Recording Corporation of America) либо одна из его модификаций, например, выполненная Джозефом Эсмиллой (**рис. 1.42** и **рис. 1.43** соответственно).

Последняя схема отличается от оригинала заменой автоматического смещения батарейным. Кстати, батарейки можно попробовать включить и по-другому — в разрыв сигнального провода («плюс» — к источнику сигнала, «минус» — к сеткам ламп). Наилучший вариант определяется по результатам прослушивания.

Какие усилительные лампы используются

Несколько слов **об используемых лампах**. В базовом варианте применяется 7025 — пальчиковый двойной триод с высоким коэффициентом усиления (100), разработанный для использования в первых каскадах звукоусиления (отобран по минимуму шумов — менее 10 микровольт на выходе). Лампа, как явствует из наименования, — промышленного и военного назначения (такие лампы традиционно обозначались числом, в данном случае — четырехзначным, соответствующим номеру разработки). Подобную практику пытались внедрить и в СССР, однако она не прижилась, уступив место ромбовидным штампам военной приемки. Аудиофилы с особым пиететом относятся к лампам «пятой» (авиационной)

приемки (обозначается цифрой 5 внутри ромбика), что гарантирует больший срок службы и менее выраженный микрофонный эффект, чем у ее прямых аналогов «бытового» назначения — 12AX7/ECC83/6Н2П.

Примечание: ***На аудиофорумах нередко отмечают превосходство 7025 и по звуковой сигнатуре, что неудивительно, поскольку специалисты RCA предпочли именно эту лампу, а выбор у них был!***

Эсмилла применил 5691 — октальный двойной триод с высоким коэффициентом усиления (70), представляющий собой промышленную версию 6SL7GT (отечественный аналог последней — 6Н9С). **Октальные лампы**, как правило, обладают лучшей звуковой сигнатурой, чем пальчиковые, но уступают им по уровню шумов и склонности к микрофонному эффекту.

Ввиду меньшего коэффициента усиления используемых ламп (70 против 100 у лампы 7025), корректор Эсмиллы используется в тандеме с предварительным (линейным) усилителем; конструктивно эти два устройства объединены на одном шасси (**рис. 1.45** и **рис.1.46**), блок питания (**рис. 1.44**) у них общий и размещен в отдельном корпусе.

Можно поэкспериментировать и с другими типами ламп, например, октальными монотриодами **6Г2** и **6Ф5** (коэффициент усиления 100), обладающими прекрасной звуковой сигнатурой. Монотриодов потребуется 4 штуки, но их легче подбирать по минимуму шумов и сходству ВАХ. Неизвестно, почему разработчик проигнорировал эти лампы, ведь «западные» аналоги имеются (6SQ7 и 6F5 соответственно). Да и его музыкальному вкусу можно доверять.

Кстати, в своей статье автор подчеркивает, что он музыкант, а не инженер. Джозеф Эсмилла — профессиональный музыкант, скрипач-виртуоз. При этом он основал небольшую фирму — JE Labs, выпускающую ламповые усилители.

Примечание. ***Авторы книги не случайно подняли этот вопрос. Конечно, лампы 5691 (исполнения «Red base») считаются едва ли не лучшими. Но использование монотриодов 6Г2/6SQ7 или 6Ф5/6F5 позволило бы подобно оригинальной схеме RCA обойтись двумя каскадами, исключив дополнительный (пред) усилитель — нет лучшего элемента на пути сигнала, чем отсутствующий.***

Справедливости ради отметим, что далее в статье «Homebrewer of the month» упоминается линейный усилитель, построенный филиппинскими самодельщиками, коллегами Эсмиллы, по однокаскадной трансформаторной схеме (см. **рис. 1.48**). Он много лучше, чем двухкаскадный по схеме с резистивной нагрузкой (**рис. 1.47**), но сути не меняет. В качестве компромисса логичнее совместить линейный (пред) усилитель с телефонным («хэдампом»), но об этом чуть позже, а пока закончим обзор конструкций Эсмиллы.

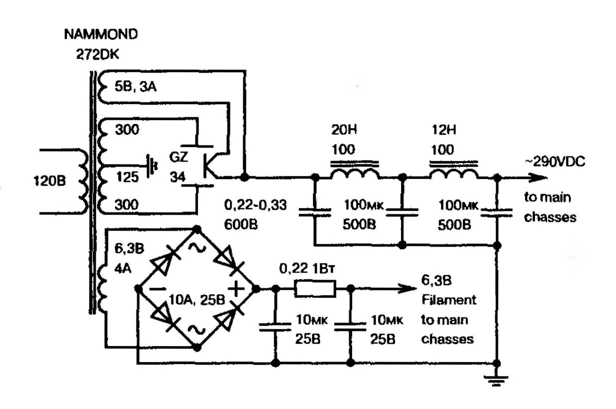


Рис. 1.44. *Схема источника питания корректора*

В схеме блока питания желательно предусмотреть две обмотки напряжением 6,3 В, чтобы организовать питание подогревателей ламп раздельно для каждого канала. Емкость

конденсатора на входе фильтра (на схеме обозначен как 0,22—0,33×600 В) необходимо выбрать из более широкого диапазона: 0,22—10 мкФ по наилучшей форме тока на выходе блока питания, либо по результатам прослушивания [1]. Скачать статью «Homebrewer of the month» можно отсюда: http://www.metaleater.narod.ru/1.pdf

О корпусе для предусилителя-корректора

Корпус предусилителя-корректора, как видно из **рис. 1.45 и рис. 1.46**, представляет собой деревянную рамку, по углам которой вклеены деревянные ножки цилиндрической формы, а сверху положена алюминиевая плита-шасси толщиной 3 мм. Конструкция опирается на виброгасящие опоры, но можно использовать и шипы.

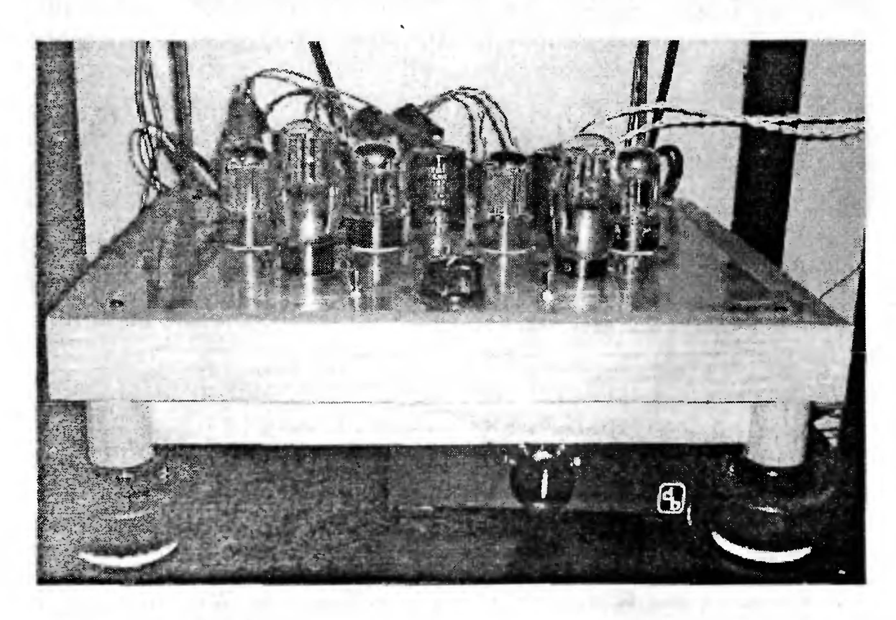


Рис. 1.45. *Конструкция предусилителя-корректора. Общий вид*

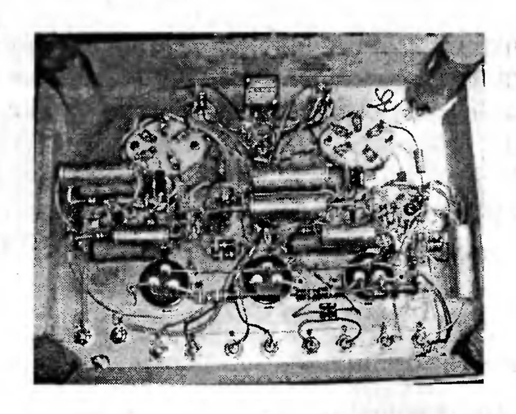


Рис. 1.46. *Конструкция предусилителя-корректора. Вид со стороны монтажа*

Монтаж усилителя-корректора

При монтаже корректора необходимо придерживаться некоторых правил, иначе уровень фона будет недопустимо высоким:

- все проводники должны иметь минимальную длину (это особенно касается общего провода);
- в качестве проводников лучше всего использовать выводы элементов;
- общий провод соединяется с шасси лишь в одной точке (как правило, около входных разъемов, но возможны нюансы — желательно найти точку заземления по минимуму фона);
- входные и выходные цепи необходимо максимально удалить друг от друга; то же самое относится и к слаботочным/сильноточным цепям (например, сигнальным и накальным);
- следует избегать параллельной прокладки близкорасположенных проводников;
- желательно использовать действительно объемный монтаж, располагая детали послойно, на разной высоте;
- не допускаются соприкосновения корпусов деталей между собой и (или) с шасси (корпусом);

- под панельки ламп и крепежные винты положить резиновые кольцевидные прокладки (их можно сформовать из силиконового герметика).

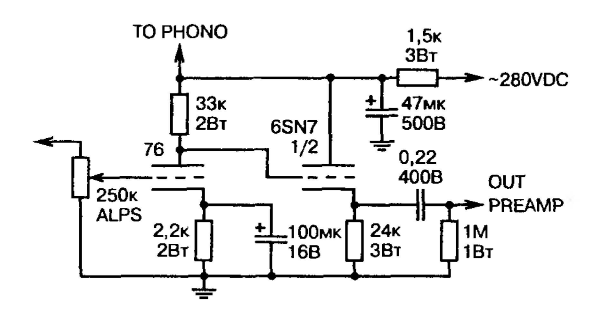


Рис. 1.47. *Двухкаскадный вариант с резистивной нагрузкой*

Линейный предусилитель

Линейный (пред) усилитель **(рис. 1.47)** состоит из двух каскадов: резистивного с нагрузкой в аноде (обеспечивает дополнительное усиление выходного сигнала корректора) и катодного повторителя (снижающего выходное сопротивление), соединенных между собой непосредственно (схема Лофтин-Уайта). Такое решение имеет свои достоинства и недостатки: к первым можно отнести отсутствие разделительного конденсатора между каскадами, низкое выходное сопротивление, а ко вторым — наличие стопроцентной ООС катодного повторителя, что роднит (увы, в т.ч. и по звучанию) последние с полупроводниковыми операционными усилителями.

Примечание. ***Предусилитель построен Эсмиллой на базе схемы Бермана, опубликованной №15 журнала «Sound Practices», от которой отличается шунтированием катодной цепи лампы первого каскада.***

Такой вариант (**рис. 1.48**) лишен недостатков предыдущей схемы — путь сигнала сокращен еще на один каскад, на один конденсатор, отсутствуют обратные связи. Представляется логичной замена автоматического смещения батарейным. **Недостаток схемы** — наличие дорогостоящего трансформатора, впрочем, его можно изготовить самостоятельно.

В заключение рекомендуем внимательно почитать оригинальную статью — «Homebrewer of the month».

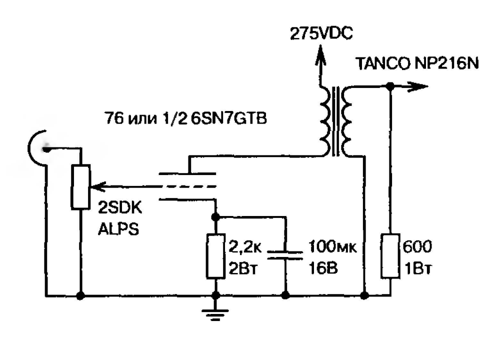


Рис. 1.48. *Однокаскадный трансформаторный вариант линейного предусилителя*

1.2.2. Винил-корректоры своими руками

Корректор «Tribute»

Взяв за основу оригинальную схему RCA (**рис. 1.42**), авторы применили лампу **6Н9С** и батарейное смещение вместо автоматического. Однако, в отличие от варианта Эсмиллы (**рис. 1.43**), батарейки 1,5 В включены в сеточные цепи (**рис. 1.49**).

Примечание. ***У такого способа включения немало противников; в конце концов, ничего не мешает попробовать установить батарейки (или аккумуляторы) в катодную цепь и сравнить звучание.***

Разумеется, последний вариант подходит лишь для слаботочных цепей: при токах катода выше 5 мА желательно использовать аккумуляторы, а после 25 мА его не следует использовать вообще. Прочие элементы остались без изменений.

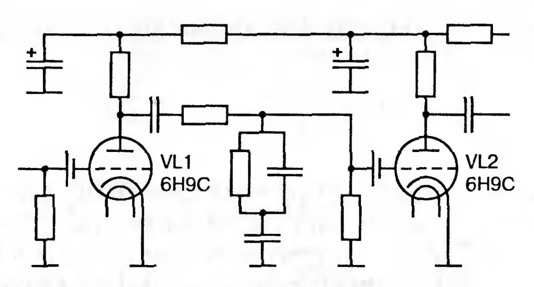


Рис. 1.49. *Корректор «Tribute»*

Несмотря на «скромное обаяние» схемы и дань уважения разработчикам фирмы RCA, было решено собрать сначала макет корректора с использованием недорогих комлектующих: потенциал будет заметен сразу, а установка элитных резисторов и конденсаторов — дело нехитрое.

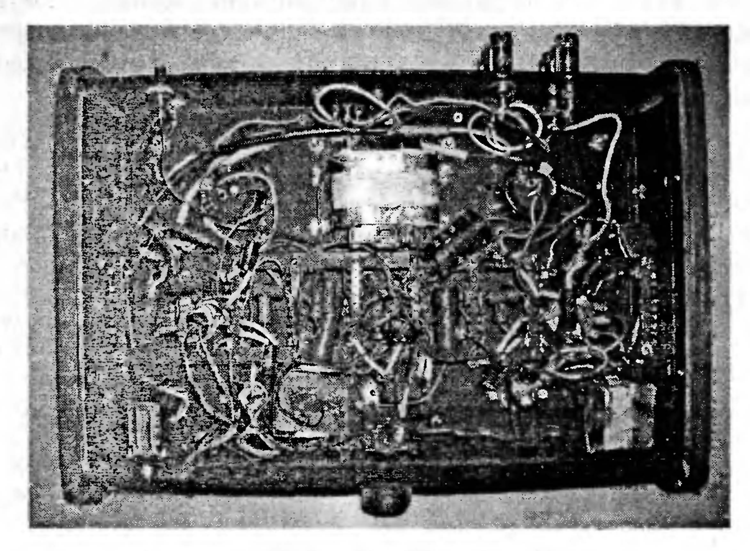


Рис. 1.50. *Макет. Вид со стороны монтажа*

Макет (**рис. 1.50**) также полезен для отработки вариантов монтажа с целью достижения минимального фона. Особых требований к элементной базе на данной стадии не предъявлялось:

- конденсаторы в цепи коррекции — КСО, разделительные — К40-У9;
- резисторы — угольные, тайваньского производства, ОМЛТ-2, МТ-2;
- батарейки — «часовые».

Внимание! **Не следует применять часовые батерейки — взрываются при малейшем перегреве!** ***Никакого секрета нет — под рукой оказались только такие батарейки. Гораздо лучше и безопаснее использовать пальчиковые, подбирая на слух из разных ценовых категорий — результаты бывают весьма неожиданными; авторам импонируют пальчиковые батарейки «Varta».***

Завоевал ли корректор по итогам прослушивания право на воплощение «в металле»? Субъективная оценка качества звучания — тема отдельная, более уместная в аудиопериодике... скажем так: неплохо, но от корректора ожидалось большего...

Тем не менее, любую конструкцию можно при желании улучшить, например, умозрительным способом — за счет применения более качественных компонентов либо используя оригинальные решения, порой не требующие особых затрат.

Объективные недостатки легко устранимы: нехватка усиления компенсируется хэдампом, в противном случае следует применить лампы 6Г2; высокое выходное сопротивление, требует величины нагрузки не менее 220 кОм (в случае хэдампа — переменного резистора-регулятора громкости); также налагаются определенные требования к межблочному кабелю (а точнее, к его емкости, которая должна быть минимальна).

Советы по подбору комплектующих

Стоимость комплектующих (макет корректора совместно с кенотронным блоком питания) составила всего 400—500 рублей. Это цена без учета стоимости корпуса. В конце концов, можно взять лист фольгированного стеклотекстолита, просверлить перьевыми сверлами отверстия, полученную верхнюю панель прикрепить шурупами к основанию, выполненному из ДСП по технологии на **рис. 1.33.*б,в***. Нетрудно представить, какой простор открывается лицам, одержимым «синдромом апгрейда»! Этот термин позаимствован у Джозефа Эсмиллы. Авторы книги рекомендуют следующее.

Во-первых, не спешить с приобретением экзотических и, разумеется, дорогих комплектующих. Причин тому несколько. Так, для достижения звучания класса Hi-Fi (кстати, удовлетворяющего большинство слушателей) не требуется «секретных элементов, произведенных по военно-космическим технологиям, специально для аудио» — достаточно качественных промышленного назначения. Знаменитый японский разработчик С. Сакума в своих ламповых усилителях применял металлопленочные резисторы (отечественные аналоги — МТ, ОМЛТ, МЛТ) и заурядные электролитические конденсаторы «Nichicon»: http://www10.big.or.jp/~dh/. Парадоксально, но факт: нередко одни и те же участники аудиофорумов, критикуя указанные типы элементов, превозносят конструкции Сакумы!

Кроме того, цена и дефицитность давно уже не являются синонимами высокого качества. Еще раз отметим (здесь, и в который раз — в книге!), что восприятие звука — дело субъективное. Например, серебро, обладая лучшими электрическими (а сколько ему приписывают эзотерических!) свойствами по сравнению с медью, рекомендуется в качестве материала для монтажных проводов далеко не всеми специалистами и аудиофилами. По вопросу использования серебряного провода мнения варьируются— от «серебра в звуке много не бывает» до «серебряный проводник делает звук плоским, безжизненным».

Внимание! ***Термин «Silver» (Argentum, Ag и т.п.) в наименовании кабеля или припоя может оказаться именем собственным, а вовсе не свидетельством наличия данного элемента в химическом составе изделия. Вспомните пословицу: «Не все то золото, что блестит».***

Во-вторых, подбирать любые элементы на слух.

В-третьих, обратить внимание на следующие детали отечественного производства. Резисторы: ВС (БЛП, УЛИ), МРХ (ПТМН), С1-4, ОМЛТ. Конденсаторы разделительные: ФТ, К78-2,К40-У9, К42-У2; цепей коррекции: ССГ, СГМ, КСГ, КСО, К78-2; блока питания: МКВ, МБГВ, МБГЧ, МБГО.

В-четвертых, по возможности установить наиболее качественные лампы. Не следует думать, что их список исчерпывается раритетными и дорогими 5691 исполнения «Red base»! Существуют и другие достойные варианты:

- лампы производства Московского электролампового завода (МЭЛЗ), 1950-х годов выпуска, отличительная черта ламп выпускаемых до 1956 г. — металлическая обечайка цоколя;
- их ровесницы — лампы 1579 (помните, ранее упоминалась неудачная попытка внедрить американскую систему обозначения ламп?!) саратовского завода «Рефлектор».

Первые сравнительно легко и ненакладно приобрести на радиорынках крупных городов и по объявлениям в Интернете. Со вторыми ситуация хуже, их нелегко найти даже на родине — в Саратове и на всероссийской барахолке — Митинском радиорынке, но и они иногда попадаются. Так, на момент написания этой книги **лампы 1579** были доступны здесь: http://www.goldenmiddle.com/russian/tube.htm, в т.ч. с пересылкой по России.

Зарубежные лампы (помимо 5691 назовем **6SL7** и ее аналог с 12-вольтовым накалом — **12SL7**) можно приобрести на Интернет-аукционах. Также приветствуются индексы, следующие за упомянутыми обозначениями, например: -GT и -JAN, свидетельствующие о повышенных вибростойкости, долговечности и прохождении «военприемки» соответственно.

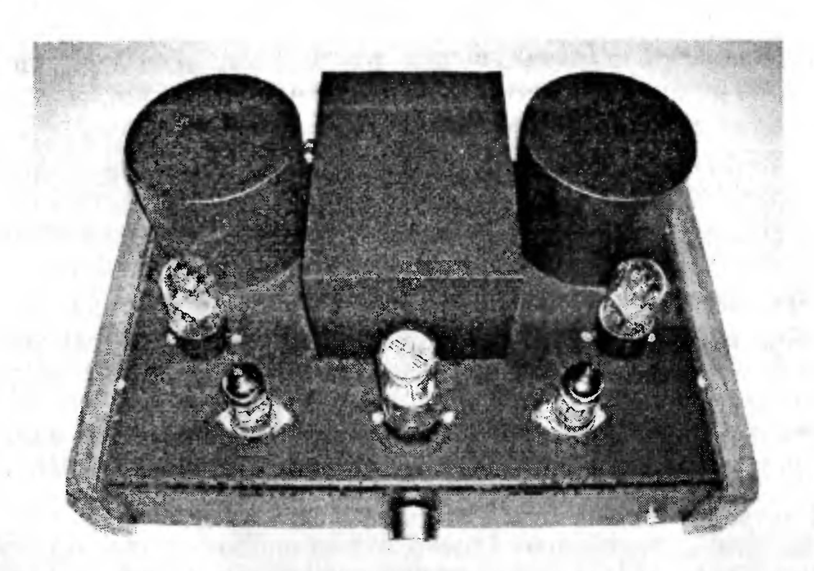


Рис. 1.51. *Готовый предусилитель*

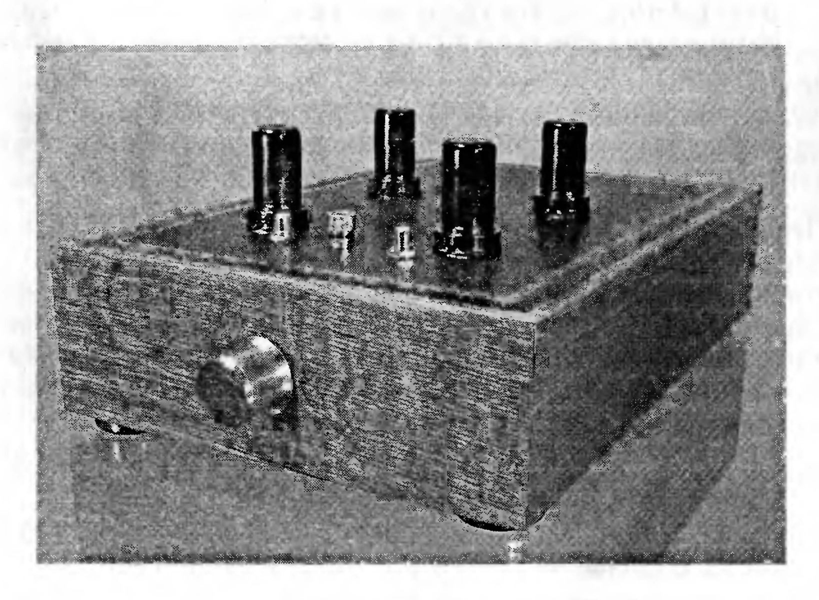


Рис. 1.52. *Tribute. Вариант на 6Г2*

На **рис. 1.51** изображен готовый предусилитель, совмещающий в себе винил-корректор и хэдамп, выполненный по однокаскадной трансформаторной схеме (аналогично **рис. 1.48**). Конструкция хэдампа будет подробно рассмотрена в главе, посвященной усилителям. Параллельно был изготовлен вариант на лампах 6Г2, позволивший ограничиться двумя каскадами усиления (**рис. 1.52**).

Приведем **пример решения (рис. 1.53**), позволяющего улучшить качество звучания за счет нестандартного подхода к конструированию блока питания. Ранее отмечалось, что в высококачественной аудиотехнике нет мелочей: блок питания оказывает непосредственное влияние на характер звучания лампового усилителя, а их массогабаритные и стоимостные характеристики сопоставимы!

Как говорится, комментарии излишни...Разумеется, аккумуляторы имеет смысл использовать только для питания схем с малым потреблением тока.

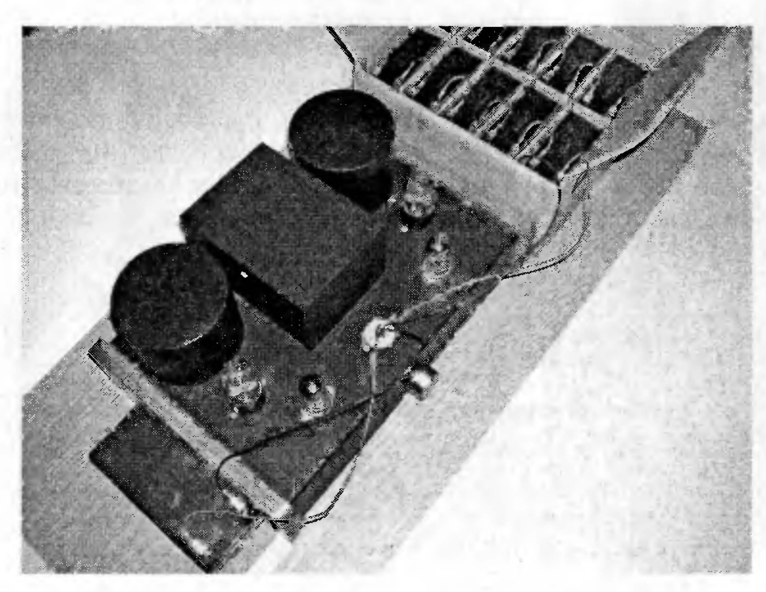


Рис. 1.53. *Бескомпромиссный блок питания к «Tribute»*

Например, для **рис. 1.49**, **рис. 1.52** заряд анодной батареи (20 штук 12-вольтовых аккумуляторов, соединенных последовательно!) обеспечивает 200—300 часов работы, а накальной — 20 часов. Конструкция зарядного устройства — дело вкуса, авторы, например, использовали лабораторный блок питания.

Внимание! ***Заряжать аккумуляторы следует каждый раздельно, лучше всего использовать несколько источников питания. Зарядка полностью либо частично собранной анодной батареи недопустима!***

Примечание. ***Изначально авторы воспользовались схемой Эсмиллы (*рис. 1.42*), внеся некоторые изменения, упомянутые ранее, при рассмотрении данной схемы. Затем пробовались различные варианты фильтров. Однако уровень фона, учитывая высокую чувствительность применяемых авторами акустических систем (и тем более, головных телефонов), все же был заметен.***

Комплект аккумуляторов (емкостью 1,2 А×ч, напряжением 12 В — 20 шт. и 7 А×ч, 12 В — 2 шт.) обошелся приблизительно в 100 долларов: недешево, конечно, но это цена одного «аудиофильского» электролитического конденсатора 200 мкФ×350 В.

Корректор «Железный кулак»

Приведем пример еще одной конструкции, доступной для повторения, обеспечивающей при этом высокое качество звуковоспроизведения. **Схемотехника традиционна**:

- два каскада с резистивной нагрузкой в анодах и батарейным смещением;
- цепь коррекции — сосредоточенная, RC-типа.

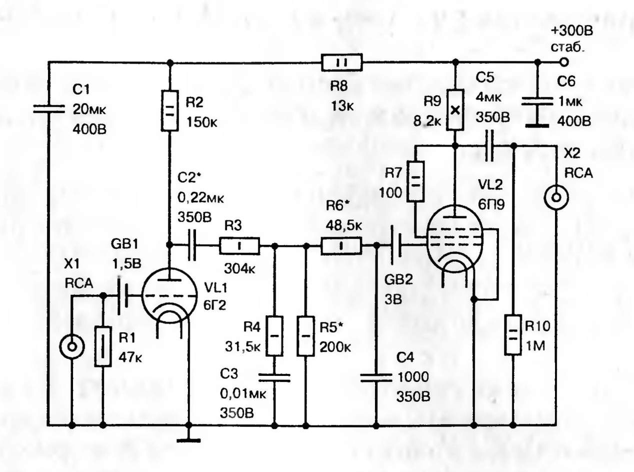


Рис. 1.54. *Корректор «Железный кулак». Схема*

Рис. 1.55. *Корректор «Железный кулак». Вид со стороны монтажа*

Принципиальным отличием от «Tribute» (**рис. 1.49**) и сходством с вариантом (**рис. 1.52**) является использование **монотриодов**. Это позволило бескомпромиссно выбрать подходящие по функциональности и звуковой сигнатуре лампы для каждого каскада.

Существуют двойные лампы, содержащие триоды, различные по своим параметрам, а также триод-пентоды. Однако возможности выбора из монотриодов существенно шире. Кроме того, последние обладают (как правило) меньшим уровнем собственных шумов. Если в варианте корректора (**рис. 1.52**) оба каскада построены на однотипных лампах (6Г2), то в схеме (**рис. 1.54**) — на различных. В первом также используется 6Г2 — триод с высоким коэффициентом усиления (100), а во втором — пентод 6П9 в триодном включении, что позволило значительно снизить внутреннее сопротивление лампы, а, следовательно, второго каскада и всего корректора в целом.

Обе лампы **в металлическом оформлении**, что наряду с металлическим корпусом блока питания и определило название конструкции. Конструктивно корректор выполнен в виде двух блоков: собственно усилителя (аналогичен **рис. 1.52**) (**рис. 1.56**) и блока питания (**рис. 1.57**). Такое решение оправдано с точки зрения повышения вибростойкости и борьбы с электромагнитными помехами. Шасси (верхняя панель) корректора изготовлено из дюралюминиевого листа толщиной 3 мм, корпус деревянный, установленный на металлические шипы. Блок питания выполнен в универсальном корпусе приборного типа по схеме, представленной на **рис. 1.56**, которая заслуживает отдельного рассмотрения.

Дело в том, что помимо кенотронного выпрямителя (5Ц4М) и П-образного фильтра (C1D1C5), она включает стабилизатор напряжения (точнее — два, по одному на каждый канал). Применение стабилизатора позволяет добиться практически полного устранения пульсаций напряжения питания корректора, что благоприятно сказывается на качестве звуковоспроизведения. В целях снижения внутриламповых шумов подогреватели (накал) всех ламп питаются постоянным током.

D1
AGT 500-DR
15 Гн
К стабилизатору 2 канала
R2 1М
VL1 6С19П
VL3 STR150/30
+300В
VL1
5Ц4М
R1
510
R3
2М
R5
1М
R7 160к
150мк 400В
C7
C1
20мк
500В
C5
60мк
500В
C6
47мк
450В
C7
0,1мк
400В
VL2/2
VL3
R8 100к
~220В
FU1
2А
FU2
2А
XT1
3 ~5В
Накал ламп стабилизатора 6,3В
C2
10000
16В
VD1
VL2/1
6Н2П
R4
5,2М
R6
20к
R9 160к
Накал 1 канала 6,3В
C3
10000
16В
VD2
Накал 2 канала 6,3В
C4
10000
16В
VD3
VD1...VD3 KBU 6A

Тр-р TV1 на железе ТС-160
1 обмотка – 836 вит. d=0,56 мм
2 обмотка – 2х1518 вит. d=0,225 мм
3 обмотка – 24 вит. d=1 мм
4 обмотка – 29 вит. d=1,25 мм
5 обмотка – 29 вит. d=0,8 мм
6 обмотка – 29 вит. d=0,8 мм

Рис. 1.56. *Корректор «Железный кулак». Блок питания*

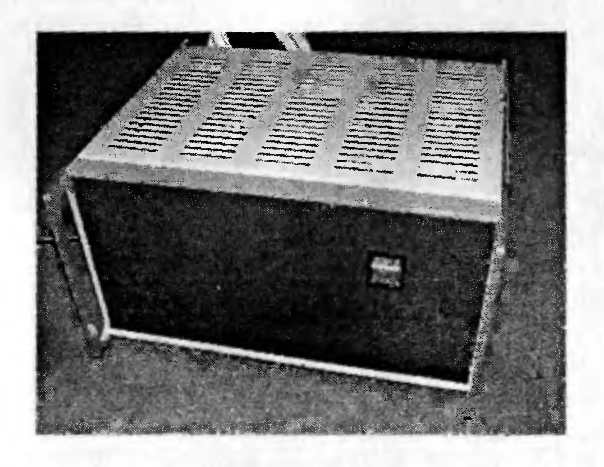


Рис. 1.57. *Блок питания. Внешний вид*

Стабилитрон STR150/30 можно заменить на октальный СГ4С. Авторы использовали силовой трансформатор собственного изготовления TV1: сердечник («железо») и каркасы от силового трансформатора ТС-160, широко использовавшегося в черно-белых ламповых телевизорах. Если есть возможность, то желательно отобрать те экземпляры, которые почти не гудят при включении в сеть. Намоточные данные приведены в **табл. 1.1**.

Обмоточные данные *Таблица 1.1*

№ обмотки	Количество витков	Диаметр провода, мм
1	836	0,56
2	2x1518	0,225
3	24	1,0
4	29	1,25
5	29	0,8
6	29	0,8

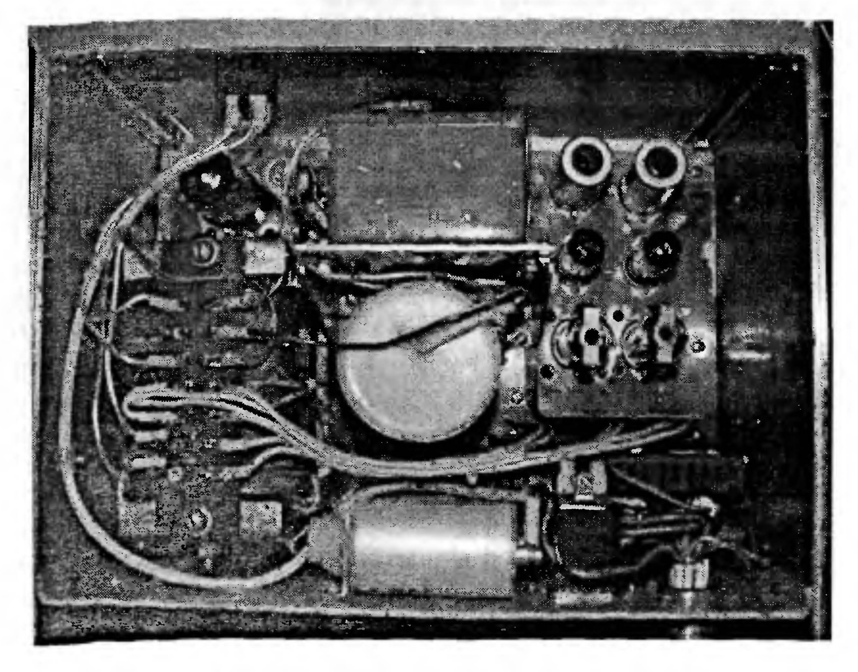


Рис. 1.58. *Блок питания. Вид со стороны монтажа*

Внутренняя компоновка блока питания показана на **рис. 1.58**. Требования к монтажу стандартны: минимальная длина проводников, особенно общего («земли»), выбор точки его соединения с корпусом по минимальному фону.

Полезные ссылки

В заключение приведем полезные ссылки.

- http://www.audioworld.ru/DIY/Vinil/cor_01.html — корректор «Народный». Разработчик — Евгений Комиссаров.
- http://www.audioworld.ru/DIY/Vinil/cor_02.html — корректор с индуктивной коррекцией. Разработчик — Евгений Комиссаров.
- http://www.audioworld.ru/Books/Vinil/Riaa_01.html — «Усилители RIAA-коррекции на вакуумных триодах» — книга Евгения Бабиченко и Игоря Гапонова.
- http://www.tubecad.com/articles_2002/RIAA_Preamps_Part_1/index.html, и http://www.tubecad.com/articles_2002/RIAA_Preamps_Part_2/index.html — статья по теории и практике винил-корректоров из американского журнала «TubeCAD».

Радиолампы приобретены (наложенным платежом) в ООО «Эльсиб», г. Братск: http://www.elsib.bratsk.net/.

1.3. Проигрыватели компакт-дисков

1.3.1.Обзор

На бурно развивающемся рынке бытовой аудиовидеотехники (в сегменте источников звукового сигнала) в настоящее время доминируют многоканальные системы SA-CD и DVD-Audio. Они позволяют, в частности, воспроизводить **компакт-диски (CD)**. Крупные производители аудиоаппаратуры, конкурируя между собой, идут на компромиссы, применяя дешевую элементную базу и упрощенную схемотехнику. Они делают ставку на внешний дизайн и функциональную оснащенность в ущерб качеству воспроизведения, игнорируют интересы потребителей, многие из которых еще не забыли звучание виниловых пластинок, теплоту и музыкальность их звучания. В результате, новейшие цифровые технологии, с одной стороны, и «виниловый ренессанс» — с другой поставили под угрозу существование самого CD-формата.

К счастью, любители музыки не спешат расставаться со своими коллекциями, и далеко не все фирмы прекратили производство проигрывателей компакт-дисков. Однако прослеживается тенденция к выпуску довольно дорогих моделей. Имеются в виду модели, обеспечивающие действительно высокое качество звуковоспроизведения; в ценовом сегменте «до 1000 долларов» таких моделей — единицы.

Выручает вторичный рынок: ряд организаций и частных лиц занимаются торговлей подержанной импортной аудиотехникой, т.н. **винтажем**. Некоторые фирмы охотно высылают технику почтой или (и) отправляют железной дорогой по договоренности с проводниками. Можно обойтись и без посредников, воспользовавшись аукционами типа **eBay.com**. Такие покупки вполне оправданы: за 200—400 долларов нетрудно приобрести достойный аппарат эпохи расцвета стандарта (1985—1990 гг.), звучание которого к тому же, можно улучшить путем доработки.

При проверке аппарата используйте диск, который в силу состояния его поверхности воспринимается не каждым про-

игрывателем. Желательно иметь при себе несколько таких дисков, «манера поведения» которых вам известна. Один **совет**: перед покупкой выясните тип лазерной головки, используемой в данной модели, наличие и стоимость таких головок (или их аналогов) в сервис-центрах, интернет-магазинах и т.д.

Внимательно (используя лупу и яркую лампу) осмотрите шлицы винтов крепления элементов корпуса, печатных плат, транспорта на предмет наличия характерных царапин, свидетельствующих о том, что аппарат открывали (зачем?). Аналогичным способом освидетельствуйте подстроечный резистор регулировки тока лазера. Шансов обнаружить царапины и вмятины немного, но будет весьма интересно понаблюдать за реакцией продавца: предложение «сбросить цену» обычно свидетельствует о том, что ему известна история данного аппарата.

Внимание! ***Не пытайтесь менять головку самостоятельно — обратитесь в сертифицированные мастерские по ремонту аудиотехники.***

Например, **снижение эмиссии лазерного диода** компенсировано увеличением тока через него — такого способа хватает на полгода, после чего головку придется менять, но делать это будете уже вы, а не продавец! Наилучший вариант: предварительно найти характеристики головки в Интернете, выяснить допустимый ток лазера и сравнить с частным величины падения напряжения на подстроечном резисторе и сопротивлением этого резистора.

При малейших сомнениях откажитесь от покупки — в этом сегменте рынка довольно жесткая конкуренция, предложение постепенно догоняет спрос. Некоторые продавцы производят предпродажную подготовку (чистку, смазку механизма транспорта, замену головки) проигрывателей и предоставляют гарантию на срок до 1 года; разумеется, такая услуга стоит денег, но лучше заплатить на 20—25 % больше, чем получить аппарат с «подсевшей» лазерной головкой.

Что касается выбора конкретных моделей и (или) фирм-производителей, то посоветовать что-либо трудно: следует полагаться на свой слух и выбирать аппарат по наилучшему (с вашей точки зрения) качеству звуковоспроизведения. При прочих равных, предпочтение следует отдавать аппаратам, произведенным в Японии для внутреннего рынка (отличаются 100 В питанием), — их качество выше, чем у идентичных, изготовленных на экспорт. И еще нюанс: из двух проигрывателей, собранных на основе одинаковых транспортов и «чипсетов», смело выбирайте более тяжелый.

1.3.2. Доработка

Пути улучшения качества звучания

Рассмотрим основные пути улучшения качества звучания проигрывателей. Стандарт, определяющий требования к носителю, весьма жесткий и единый для всех производителей компакт-дисков, поэтому проигрыватели разных фирм имеют сходную структуру, различаясь лишь незначительными деталями. Итак, любой CD-проигрыватель состоит из следующих узлов:

- транспорта, который обеспечивает такие функции, как вращение носителя и считывание с него информации в любой точке; транспорт состоит из узла вращения, считывающего устройства (блока оптики) и механизма привода последнего;
- электронных блоков управления транспортом — сервосистем;
- систем декодирования сигнала и его фильтрации;
- цифро-аналогово преобразователя (далее ЦАП);
- выходного аналогового преобразователя (буфера) тока в напряжение, как правило, выполненного на ОУ (операционном усилителе), и линейного усилителя;
- процессора системы управления;
- блока питания.

Первые три устройства можно условно объединить в отдельный блок, так как изменение их схемотехнической и кинематической реализаций представляется затруднительным, что заметно ограничивает возможности «твика» (доработки) проигрывателя в целом. Обычная доработка описанна ниже.

Примечание. ***На Интернет-форумах мнения по данному вопросу расходятся диаметрально — от «доработка проигрывателей не имеет смысла» до «все проигрыватели требуют доработки»!***

Доработка механики

Посмотрите, как устроен ваш аппарат. Скорее всего, вы увидите недостаточно жесткий корпус, транспорт, выполненный из пластмассы, и жесткие ножки, на который ваш проигрыватель опирается. Такому проигрывателю не помешает виброзащита — внутренние поверхности корпуса и открытые поверхности транспорта следует обклеить вибропластом или иным схожим материалом, применяемым для звукоизоляции автомобиля.

Внимание! ***Нельзя развязывать транспорт от корпуса (шасси).***

Подобная процедура значительно увеличит вес проигрывателя, что также благотворно скажется на результате. Ножки необходимо заменить на резиновые либо использовать «шипы». «Продвинутым» читателям можно посоветовать подстройку транспортного механизма в том случае, если в конструкции транспорта предусмотрены элементы регулировки.

Примечание! ***У отдельных моделей имеется возможность юстировки лазера и узла привода диска.***

После точной юстировки снижается процент ошибок чтения. К сожалению, большинство транспортов (особенно современных) — дешевая штамповка, где регулировки не предусмотрены. Существует и альтернативный путь — построение проигрывателя (транспорта) на базе компьютерных CD-ROM приводов (обычно из числа старых, низкоскоростных, «цельнометаллических») с последующим оснащением их системой индикации и управления (по шине IDE). Рекомендуемые ссылки по данной теме:

http://vlab.netsys.ru/forum/archive/index.php/t-825.html — рассмотрение вопроса целесообразности использования CD-ROM приводов в качестве транспорта;

http://vlab.netsys.ru/forum/archive/index.php/t-951.html и http://rh.qrz.ru/ZIP/hobby399.pdf — схема контроллера.

Доработка блока питания

Останавливаясь на питании аппарата в целом, настоятельно рекомендуем подключать проигрыватель к сети через помехоподавляющий фильтр. Его можно встроить внутрь аппарата либо использовать внешний (в продаже имеются модели, совмещенные с сетевым разъемом). Следует разделить по возможности питание цифровых и аналоговых цепей проигрывателя, увеличить емкость фильтрующих конденсаторов.

Замена тактового генератора

Замена тактового генератора подробно рассмотрена по этим адресам:

http://www.lynxaudio.narod.ru/schemes/sch_17.pdf

http://www.lynxaudio.narod.ru/schemes/sch_02.pdf.

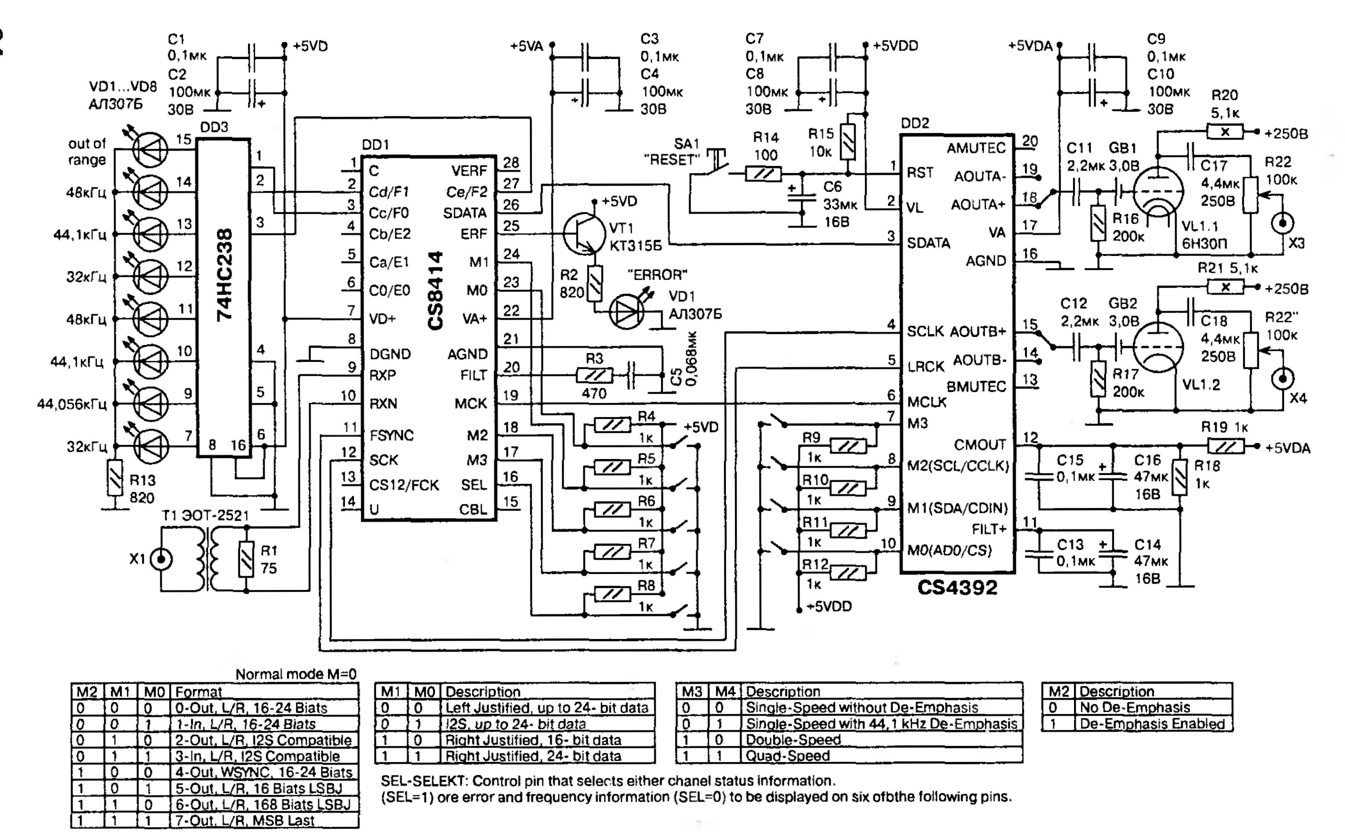
Доработка ЦАП

Если доработка большинства узлов проигрывателя носит косметический характер, то цифро-аналоговый преобразователь — **ЦАП** (в англоязычной литературе **DAC — Digital to Analog Converter**) — и следующие за ним **буфер** и **линейный усилитель** (нередко бывают встроены в микросхему ЦАП) напротив, настоящая находка для «твикера».

Замена микросхемы преобразователя (в недорогих моделях проигрывателей ЦАП может быть интегрирован в один корпус с сервосистемой) не представляет особых сложностей для опытных радиолюбителей. Однако хорошие ЦАП достаточно дороги и дефицитны — нередко стоимость такой модернизации превышает стоимость проигрывателя. Также можно значительно улучшить работу самого ЦАП, запитав его от отдельного источника питания. В некоторых преобразователях предусмотрена возможность раздельного электропитания цифровой и аналоговой частей.

Для таких ЦАП необходимо использовать два независимых источника питания, организованных с помощью отдельного трансформатора (лучше тороидального), и стабилизатора, выполненного на дискретных элементах. Этот дополнительный блок питания обычно без проблем размещается в корпусе проигрывателя. Указанные меры позволяют исключить проникновение ВЧ-помехи в аналоговую часть. Когда данная стадия доработки будет завершена, следует проверить осциллографом пульсации на ножках питания ЦАП во время работы. В случае их обнаружения необходимо увеличить емкость фильтрующего конденсатора.

Существует **принципиально иное решение:** внешний ЦАП, подключаемый к проигрывателю при помощи интерфейса **SPDIF (Sony-Philips Digital Interface)**. Физически он представляет собой коаксиальный кабель (электрическая версия интерфейса; также существует и оптическая), тип соединителей — **BNC** или **RCA** («тюльпан»). **Преимущество** внешнего ЦАП состоит в возможности выбирать любые микросхемы преобразователя, а также различные варианты (ламповые каскады, трансформаторы и т.д.) выходного каскада.



Normal mode M=0

M2	M1	M0	Format
0	0	0	0-Out, L/R, 16-24 Biats
0	0	1	1-In, L/R, 16-24 Biats
0	1	0	2-Out, L/R, I2S Compatible
0	1	1	3-In, L/R, I2S Compatible
1	0	0	4-Out, WSYNC, 16-24 Biats
1	0	1	5-Out, L/R, 16 Biats LSBJ
1	1	0	6-Out, L/R, 168 Biats LSBJ
1	1	1	7-Out, L/R, MSB Last

M1	M0	Description
0	0	Left Justified, up to 24- bit data
0	1	I2S, up to 24- bit data
1	0	Right Justified, 16- bit data
1	1	Right Justified, 24- bit data

M3	M4	Description
0	0	Single-Speed without De-Emphasis
0	1	Single-Speed with 44,1 kHz De-Emphasis
1	0	Double-Speed
1	1	Quad-Speed

M2	Description
0	No De-Emphasis
1	De-Emphasis Enabled

SEL-SELEKT: Control pin that selects either chanel status information.
(SEL=1) ore error and frequency information (SEL=0) to be displayed on six ofbthe following pins.

Рис. 1.59. *Схема внешнего ЦАП*

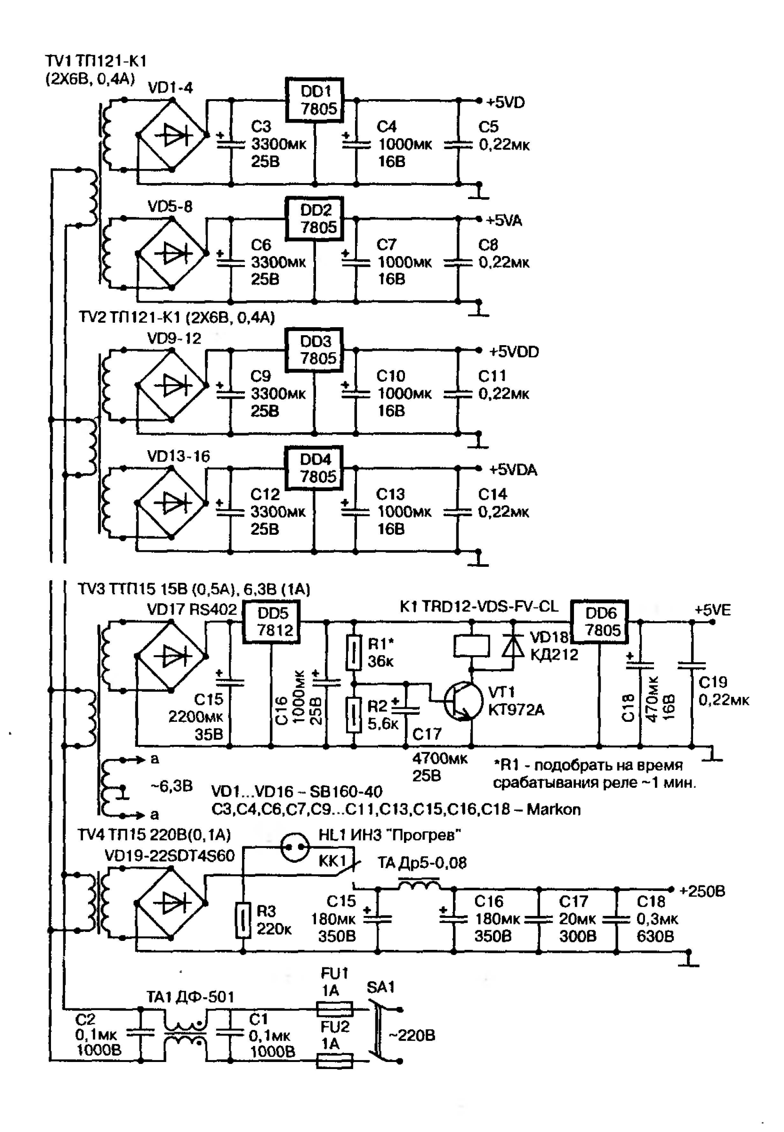


Рис. 1.60. *Схема блока питания внешнего ЦАП*

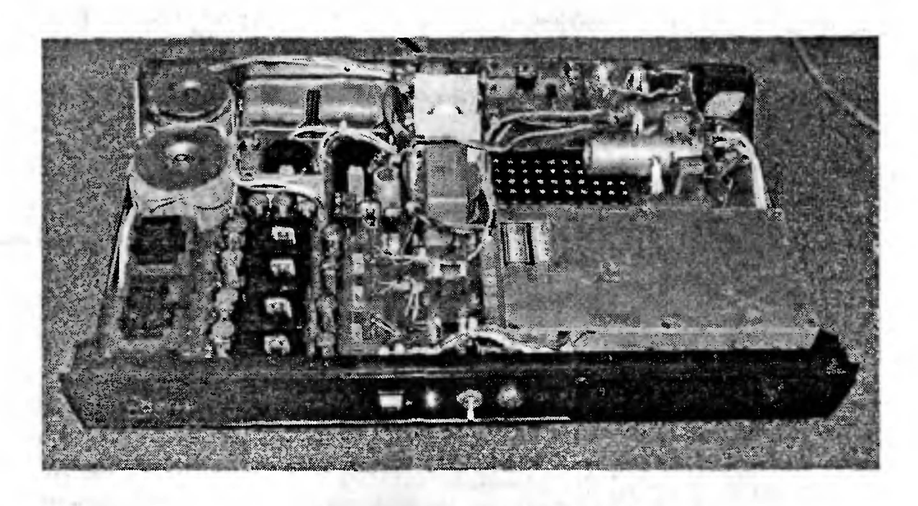


Рис. 1.61. *ЦАП в сборе*

Авторы предлагают решение на **рис. 1.59—1.61**. Это доступный для повторения, в том числе и с финансовой точки зрения, ЦАП, который обеспечивает высокое качество звуковоспроизведения. Печатные платы ЦАП и блока питания, готовые к переносу «методом утюга», приведены на **рис. 1.62** и **рис. 1.63** соответственно.

В отсутствие SPDIF-выхода его можно организовать, для чего необходимо внимательно осмотреть платы проигрывателя: в большинстве случаев достаточно установить на задней стенке корпуса RCA-разъем и подпаять его сигнальный лепесток к соответствующему месту на плате. Как правило, базовый вариант печатной платы проектируется для нескольких моделей сразу. Только «набивается» по-разному. На плате должно быть место для установки разъема цифрового выхода. В противном случае придется поискать в Интернете документацию на микросхемы чипсета; сигнал цифрового выхода, совместимый с SPDIF, может иметь различные обозначения: DOUT, DOTX, Tx.

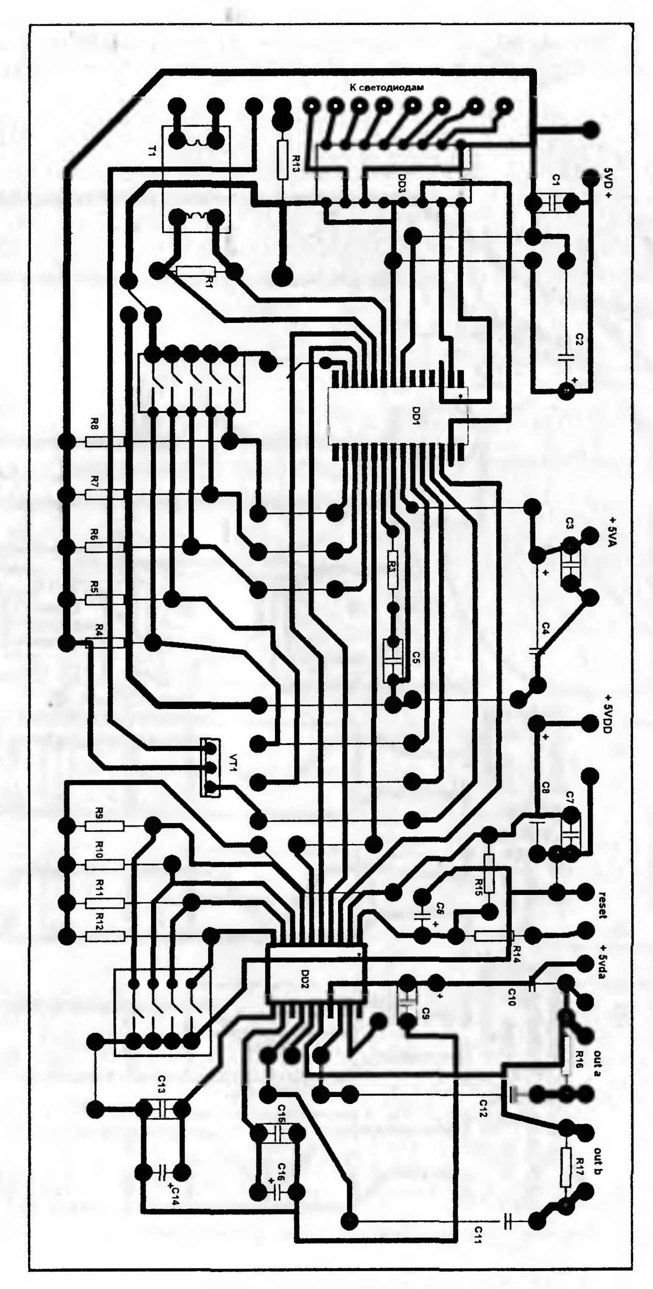


Рис. 1.62. *Плата ЦАП*

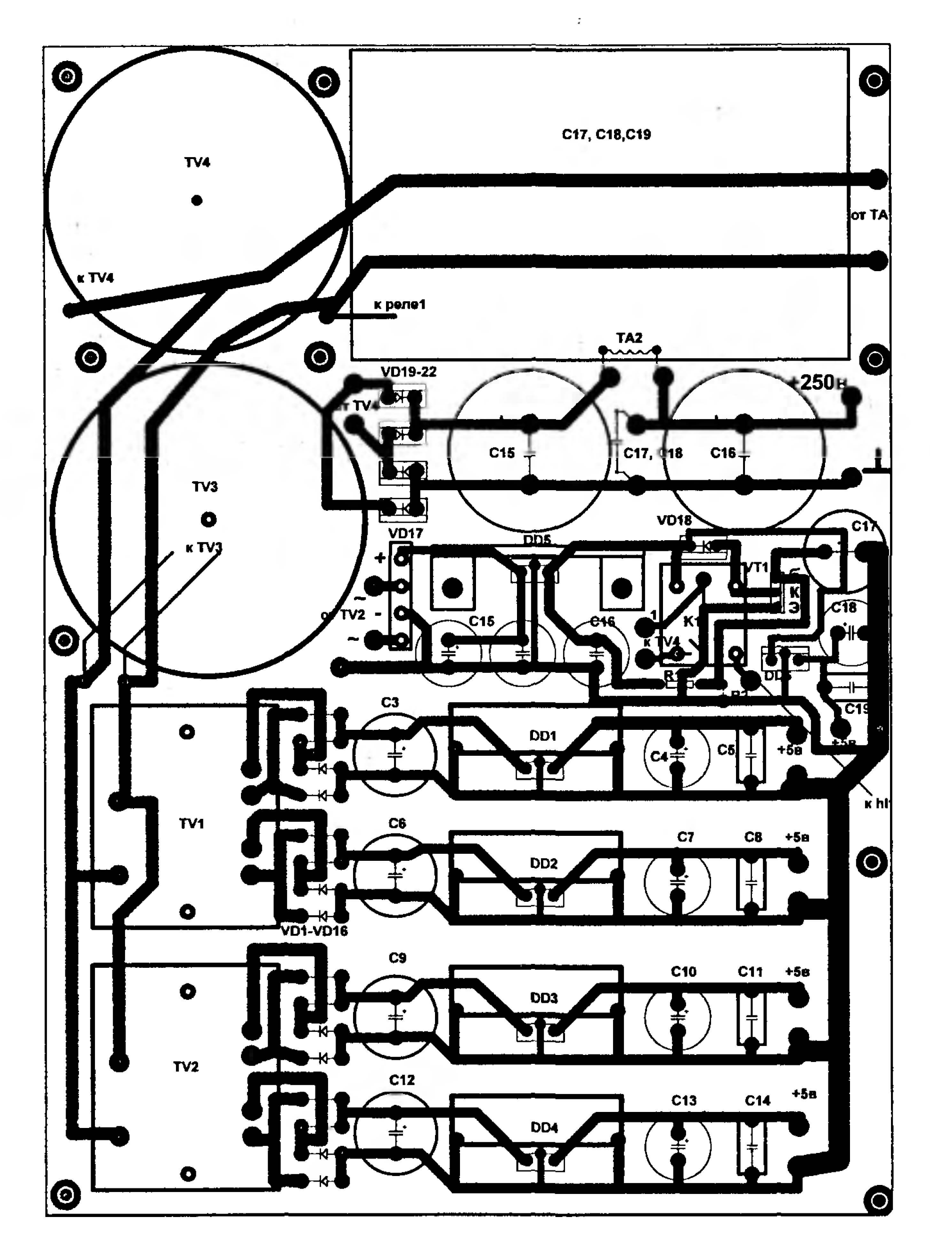


Рис. 1.63. *Плата блока питания ЦАП (70% реального размера)*

Приведем ссылки на практические конструкции:

http://www.zeuslab.narod.ru/ — сайт Александра Петровского. ЦАП на любой вкус;

http://www.metaleater.narod.ru/s_misc.html — ЦАП Андрея Тепаева;

http://audiomaniac.narod.ru/russian/pioneer.htm и http://dom.hi-fi.ru/forum/8/13219 — пример апгрейда бюджетного проигрывателя («Pioneer PD-S505(605)»);

http://vlab.netsys.ru/forum/attachment.php?attachmentid=1791 — внешний ЦАП на базе CS8412/4390. Разработчик — Алексей Никитин;

http://www.lynxaudio.narod.ru/scheme_dig.htm — несколько конструкций ЦАП разработки Дмитрия Андроникова.

Глава 2

Усилители

В этой главе рассмотрены телефонный усилитель (хэдамп) и усилитель мощности. Обе конструкции, разумеется, ламповые.

Учитывая различный уровень подготовки радиолюбителей, авторы приводят пример сквозного расчета телефонного усилителя (проработка концепции, выбор лампы, определение рабочих режимов, схемотехника, источник питания, комплектующие, себестоимость).

Особую ценность для читателя представляют конструкции выходного и силового трансформаторов усилителя мощности, не уступающие по качеству лучшим зарубежным аналогам. Подробное повествование, обилие фотографий, полезные советы обеспечивают усилителям хорошую повторяемость.

2.1. Телефонный усилитель

Для чего необходим усилитель в схеме с ЦАП

Мощность звукового сигнала на выходе винил-корректора или блока ЦАП обычно недостаточна для раскачки не только АС, но даже головных телефонов (наушников). Необходимы дополнительные каскады усиления либо отдельное устройство — усилитель мощности (далее — усилитель). Авторы и в этом случае отдают предпочтение ламповым конструкциям, что неудивительно: уступая практически во всем полупроводниковым собратьям (стоимости, массе и габаритам, мощности, КПД, технологичности), ламповые усилители превосходят их с точки зрения качества звуковоспроизведения.

Особености построения телефонного усилителя

Характерная **особенность** — применение всего одной лампы на канал. Именно лампы, а не баллона, как, например, в случае с 6Ф3П/6Ф5П. Беглый взгляд на рассмотренную далее схему (**рис. 2.6**) наводит на мысли об очередном усилителе «для начинающих», но не будем торопиться с выводами...

Изначально предполагалось **создание усилителя для головных телефонов** (наушников), имеющих сопротивление 300 Ом. Учитывая высокие параметры подобных изделий, недостижимые для акустических систем, реализация усилителя — нетривиальная задача. Изъяны воспроизведения невозможно ни замаскировать изъянами АС (прежде всего высоким КНИ последних), ни переложить ответственность на акустические свойства помещения, расстановку АС, «влияние направленности акустического кабеля» и т.п., на действительные и мнимые причины.

Путь от источника звукового сигнала до слушателя сокращен предельно! Этот факт и навел авторов на мысль о необходимости сокращения пути сигнала в самом усилителе. Поиск готовых схем в Интернете результата не дал. Большинство из найденных схем было реализовано на полупроводниках, т.е. с использованием обратной связи (как минимум, вызванной падением напряжения на p-n-переходах).

Ламповые конструкции также обладали многочисленными **недостатками**:

- все без исключения схемы были бестрансформаторными (очевидно, разработчики полагали, что электролитические конденсаторы большой емкости оказывают меньшее влияние на звучание усилителя, чем выходной трансформатор);
- широко использовались катодные повторители (стопроцентная ООС!);
- параллельное соединение нескольких ламп и прочие, по-технократски прямолинейные решения.

Техническое задание на разработку

Отчаявшись найти что-либо подходящее, авторы решили сформулировать своего рода техническое задание на разработку усилителя:

- класс усиления A1, характеризующийся наименьшим уровнем нелинейных искажений;
- использование триодов как наиболее линейных усилительных элементов;
- однотактная схема в силу субъективных авторских предпочтений (некоторые называют это «высокой микродинамикой однотактного усилителя»);
- предельная краткость усилительного тракта;
- минимальное количество элементов на пути сигнала и в схеме вообще, т.к. для однотактной схемы в классе А трудно найти элемент, не имеющий отношения к звуковому сигналу;
- кенотронный выпрямитель (из личного опыта).

Большинство перечисленных пунктов были достаточно очевидны, здравый смысл подсказывал логичное решение: **двухкаскадный усилитель на триодах**. Но не давала покоя мысль: чем же усилитель для головных телефонов будет отличаться от своих собратьев, спроектированных для работы с АС?!. Идея построения однокаскадного усилителя буквально витала в воздухе...

Выбор лампы

Казалось бы, решение найдено — **проблема в выборе лампы**. Рассмотрим варианты.

6П9 требует анодной нагрузки 10 кОм, изготовление соответствующего выходного трансформатора, с учетом подмагничивания и приличной мощности, — нетривиальная задача. Включать две лампы параллельно — слишком прямолинейное решение: как поведет себя даже тщательно подобранная пара в условиях температурного и временного дрейфа? И, пожалуй, самое главное — обилие нечетных гармоник, характерное для пентода;

6Э5П подкупает относительно небольшим значением оптимальной анодной нагрузки (4,3—8,2 кОм, хотя и придется подбирать лампы с минимальными искажениями на нагрузках 4,3—5 кОм), но проблема нечетных гармоник не снимается;

6Г2, 6Н2П, 6С17К-В и другие триоды с высоким (от 100) коэффициентом усиления (берем в руки справочник по радиолампам)— высокое внутреннее сопротивление, не подходят;

6Ф12П (триодная часть) — уже лучше, но требуется анодная нагрузка не менее 15—20 кОм...

Попробуем выбрать **лампу с несколько меньшим коэффициентом усиления**:

6С3П/6С4П смущает сочетание μ и внутреннего сопротивления: 50 и 2,5 кОм, можно задуматься.

6С15П — усиление также мало, но возможны варианты — отклонение ±15, т.е. реально подобрать экземпляр с μ (стати-

ческим коэффициентом усиления), равным 65. Прочие параметры фантастические:

- высокая крутизна — 45+/–11 мА/В (соответственно, низкий уровень шумов, что позволит питать накал переменным током, не «ухудшая микродинамику»);
- высокая линейность ВАХ;
- большая (для пальчикового триода) мощность анода (7,8 Вт);
- низкое внутреннее сопротивление (1,1 кОм).

У лампы есть прямой аналог — **6С45П** (параметры лампы 6С45П приведены ниже). Лампы 6С45П были найдены в должном количестве (20 шт. для отбора по усилению) на радиорынке; цена также порадовала — 50 руб./шт.

6С45П — триод с высокой крутизной

Предназначен для усиления напряжения высокой частоты. Катод оксидный, косвенного накала. Работает в любом положении. Выпускается в стеклянном оформлении (**рис. 2.1**). Срок службы — не менее 1000 ч (не менее 3000 ч для 6С45П-Е).

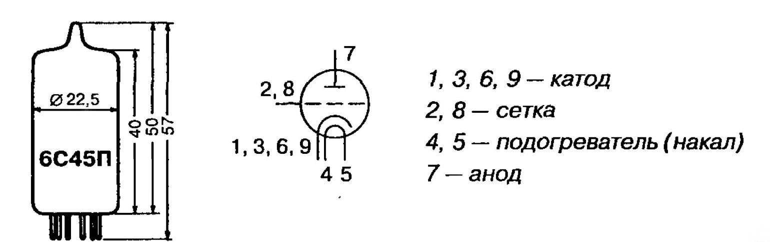


Рис. 2.1. *Внешний вид и цоколевка лампы 6С45П*

Междуэлектродные емкости, пФ:

входная 11;
выходная 1,8;
проходная .... 5,4.

Рассмотрим **номинальные электрические параметры.**

Напряжение накала, В 6,3
Ток накала, мА .... 440+/–30
Напряжение на аноде, В 150
Ток в цепи анода, мА .... 40+/–12
Крутизна характеристики, мА/В .... 45+/–11
Внутреннее сопротивление, кОм 1,1
Коэффициент усиления .... 52+/–16
Эквивалентное сопротивление шумов $R_ш$, кОм 0,1

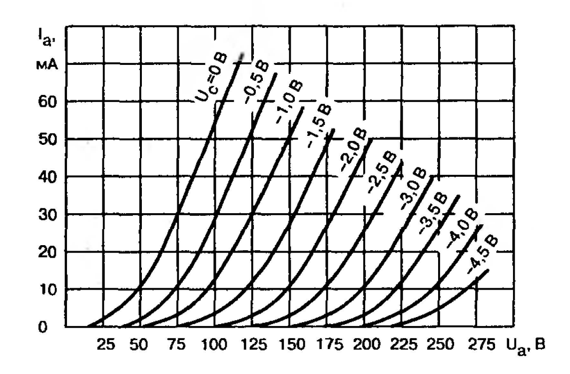


Рис. 2.2. *Вольтамперные характеристики 6С45П*

Рассмотрим **предельно допустимые электрические параметры.**

Наибольшее напряжение накала, В 7
Наименьшее напряжение накала, В 5,7
Наибольшее напряжение на аноде, В 150
Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт 7,8
Наибольшее напряжение между катодом
и подогревателем, В 100
Наибольшее сопротивление в цепи сетки, МОм 0,15

Вольтамперные характеристики лампы 6С45П приведены на **рис. 2.2.**

Прежде чем браться за изготовление выходных трансформаторов для нагрузки 300 Ом, было решено собрать макет. Использовать имеющиеся трансформаторы (производства фирмы «Аудиоинструмент») со следующими **характеристиками**: $R_а$=5 кОм/$R_н$=4 Ом, расчетный $I_а$=30 мА, чтобы сначала оценить звучание усилителя с АС и определиться, стоит ли овчинка выделки...

Точку покоя или рабочую точку (далее — **РТ**) выбираем, исходя из ограничений:

- анодный ток не выше 30 мА (в противном случае повышается значение нижней граничной частоты, воспроизводимой трансформатором);
- предельное допустимое напряжение на аноде — 150 В.

Под **анодным напряжением** принято понимать напряжение на участке «анод-катод». В некоторых изданиях встречается термин «напряжение на аноде», под которым могут подразумеваться как напряжение на участке «анод-катод», так и напряжение между анодом и общим проводом источника питания («землей»). Авторы предпочитают (по возможности) использовать включения ламп, при которых катод напрямую соединен с общим проводом. В этом случае анодное напряжение эквивалентно напряжению на аноде.

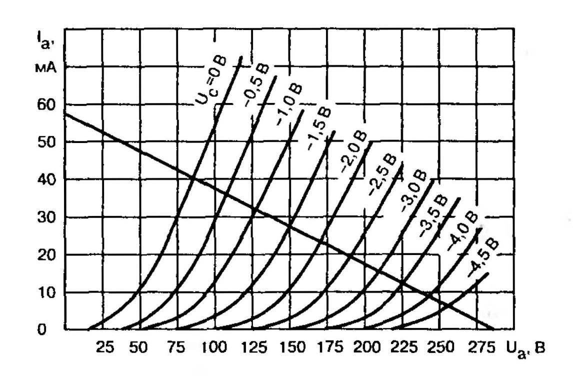


Рис. 2.3. *Выбор рабочей точки, построение нагрузочной прямой*

Поскольку снижение значений перечисленных величин приводит к возрастанию нелинейных искажений и увеличению внутреннего сопротивления, то целесообразно принять точку ВАХ с координатами (150 В; 30 мА) в качестве рабочей (**рис. 2.3**). Рассеиваемая анодом мощность в РТ

$P_{a0}=I_{a0}\times U_{a0}=30$ мА$\times150$ В$=4{,}5$ Вт

не превышает предельного значения 7,8 Вт.

Из **рис. 2.3** следует, что рабочая точка определяет величины I_{a0} и U_{a0} для единственного значения напряжения смещения $U_{см0}$ (начального смещения), в данном случае –1,5 В. Зная величину сопротивления анодной нагрузки $R_a=5$ кОм, нетрудно получить значения I_a и U_a при различных $U_{см}$, построив график функции $I_a= U_a/5$ кОм (прямая, проходящая через РТ на **рис. 2.3**). Эта прямая носит название **динамической сеточной характеристики** или (кратко) **динамической характеристики**. В отдельных изданиях встречается и другое название: **нагрузочная прямая** — очевидно, дословный перевод англоязычного термина **«load line»**.

При помощи графика **динамической характеристики** (ДХ) нетрудно определить ряд важных параметров каскада. Рассмотрим их подробно.

Амплитуда выходного сигнала $U_{вых}$ (действующего на первичной обмотке трансформатора) находится следующим образом: выбираются точки пересечения ДХ с участками ВАХ, соответствующими величине смещения $U_{см}= U_{см0}$ + модуль $|U_{см0}|$ — точка 1, и $U_{см}= U_{см0}$ — модуль $|U_{см0}|$ — точка 2. Длина проекции отрезка [1, 2] на ось абсцисс и есть искомая величина амплитуды выходного сигнала. В нашем случае (**рис. 2.4**):

$U_{см0}=-1{,}5$ В, точка 1 определяется по пересечению ДХ с участком ВАХ при

$U_{см}=0$ В: $U_{см}= U_{см0} + |U_{см0}| = -1{,}5$ В $+ 1{,}5$ В$=0$ В,

а точка 2 — по пересечению ДХ с участком ВАХ при

$U_{см}=3$ В: $U_{см}= U_{см0} - |U_{см0}| = -1{,}5$ В $- 1{,}5$ В$=-3$ В.

Точке 1 по оси абсцисс соответствует 82 В, точке 2 — 208 В. Следовательно, величина амплитуды выходного

сигнала равна модулю разности этих значений, т.е. 208 В - 82 В=126 В.

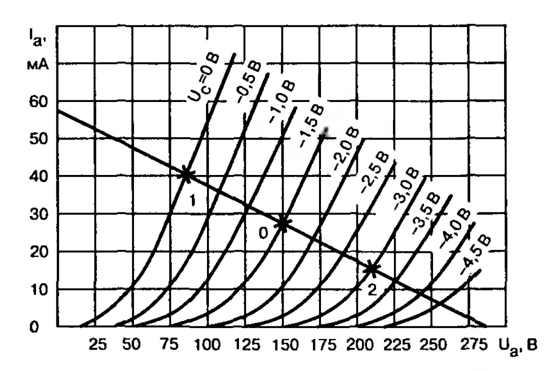


Рис. 2.4. *Определение амплитуды выходного сигнала*

При этом **амплитуда положительной полуволны** равна 68 В (длине проекции отрезка [1,0] на ось абсцисс), а **отрицательной полуволны** — 58 В (длине проекции отрезка [0,2]).

Коэффициент усиления каскада K_0 вычисляется как частное амплитуды выходного сигнала и модуля удвоенной величины начального смещения: 126 В/2 $U_{см0}$=126 В/3 В=42.

Парадоксально, но ДХ позволяет определить даже **коэффициент нелинейных искажений (КНИ)!** Для этого воспользуемся **методом Клина** (по имени автора методики, также называемой **методом пяти ординат**. Материал изложен в сокращенной форме).

На ДХ отметим точки **1`** (на положительной полуволне) и **2`** (на отрицательной), отстоящие от РТ на расстояние, численно равное половине $U_{см0}$ (**рис. 2.5**).

Тогда:

$K_{г2}$=0,75 ([0, 1]– [0, 2]) / ([0, 1]+ [0, 2]+ [1`, 2`]),

а $K_{г3}$= ([0, 1]+ [0, 2]– 2[1`, 2`]) / (2([0, 1]+ [0, 2]+ [1`, 2`]))

Или в нашем случае

$K_{г2}$=0,013, т.е. 1,3%;

$K_{г3}$=0.

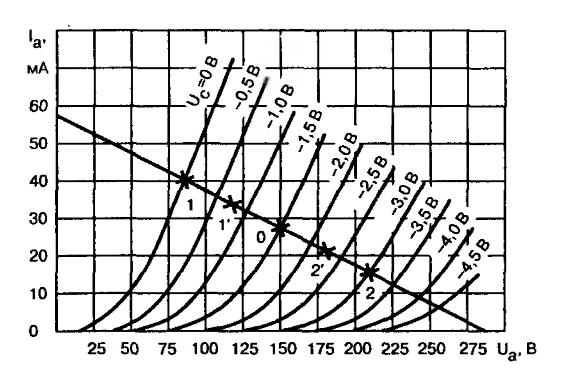


Рис. 2.5. *Положение точек ДХ, используемых в методе Клина*

Неплохо! Напомним, что все расчеты производились для максимальной амплитуды входного сигнала, равной удвоенному модулю $|U_{СМ0}|$, т.е. 3 В. Амплитудному значению 3 В соответствует среднеквадратичное 2,14 В, а в качестве стандартного уровня выходного напряжения источников сигнала принято среднеквадратичное 0,775 В (0 дБ), при котором значение КНИ каскада будет еще ниже.

Примечание. ***Речь идет именно о КНИ каскада, а не усилителя в целом (складывается из нелинейностей всех его элементов). Более того, при расчетах любых параметров каскада параметры трансформатора считаются идеальными. На практике последний является основным источником нелинейных искажений, особенно по краям частотного диапазона.***

Результаты измерений КНИ макета усилителя приведены на **рис. 2.7.*а***. Измерения проводились на нижней граничной частоте 20 Гц при максимальной выходной мощности. Разумеется, данный метод не обеспечивает большой точности, т.к. велика погрешность измерений, а ВАХ реального триода может отличаться от изображенного на **рис. 2.2.**

Данный метод при всех своих недостатках **остается единственно доступным**, позволяя определить КНИ теоретическим путем. Более того, из формул для расчета $K_{г2}$ и $K_{г3}$ следует, что вторая гармоника компенсируется при [0,1]=[0,2], а третья — при [0,1]+ [0,2]= 2[1`,2`]. Метод Клина также позволяет определить и $K_{г4}$, но ее уровень на порядок меньше $K_{г2}$.

Изменяя наклон ДХ, т.е. величину анодной нагрузки, желательно в пределах 3—5R_i, и (или) положение РТ, можно добиться практически полной компенсации 2 и 3 гармоник.

Именно таким способом автор добился значения $K_{г3}$=0 %. На практике следует добиваться минимума третьей гармоники, чье влияние на звук более пагубно, т.е. гораздо лучше получить $K_{г2}$=0,4 % и $K_{г3}$=0 %, чем $K_{г2}$=0,25 % и $K_{г3}$=0,1 %.

При наличии соответствующей измерительной техники, изменяя в некоторых пределах величины смещения и (или) напряжения на аноде, можно добиться минимизации КНИ. Разумеется, подобное оборудование доступно немногим, но даже при помощи компьютера с хорошей звуковой картой и соответствующих программных средств нетрудно получить хорошие результаты.

Примечание. ***Авторы используют звуковую карту «SoundBlaster Live!» (24-bit) и «SpectraLAB».***

Для описываемой схемы однокаскадного усилителя проблема снижения КНИ особенно важна, т.к. отсутствует сама возможность взаимной компенсации искажений — методики, применяемой в многокаскадных усилителях.

Некоторые конструктивные особенности: обозначим на ВАХ пунктирной линией область предельных значений мощности, рассеиваемой на аноде $P_{а\,макс}$ (**рис. 2.7.*а***). Параллельным переносом сместим динамическую характеристику вверх, вплоть до касания кривой $P_{а\,макс}$. РТ выберем на пересечении ДХ с участком ВАХ, соответствующим $U_{см}$=–1,5 В (точка 0`). Очевидно, такое положение РТ обеспечивает:

- бОльшую амплитуду выходного сигнала и, соответственно, бОльшую выходную мощность;
- меньшее внутреннее сопротивление лампы;
- рост перегрузочной способности по входу.

При этом превышается (приблизительно на 10 %) предельное значение только одного параметра — напряжения на аноде, что допустимо.

РТ 0` можно считать наилучшей, но с учетом максимальной величины постоянной составляющей тока (30 мА) через первичную обмотку имеющегося трансформатора, было решено остановится на РТ 0. Тем более, от телефонного усилителя не требуется большой мощности, а расчетный КНИ достаточно мал. Изменение положения РТ в пределах ДХ также неоправданно:

- лампы, обладающие высоким значением крутизны (более 20 мА/В) и коэффициента усиления (более 30) при уменьшении $U_{см0}$ начинают (от –1,2 В) потреблять ток сетки, что приводит к заметному возрастанию КНИ;
- увеличение $U_{см0}$ (например, до –2 В) приводит к чрезмерному превышению допустимого напряжения на аноде, снижая срок службы лампы.

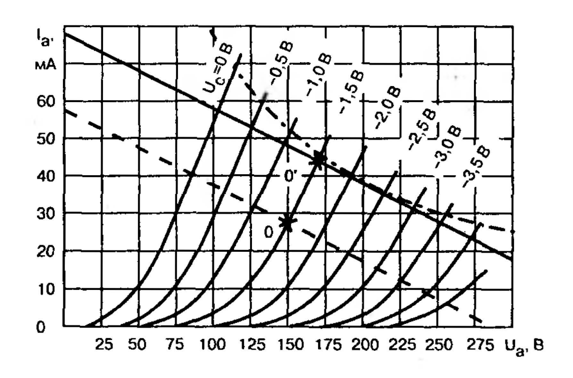


Рис. 2.6. *Выбор оптимальной РТ*

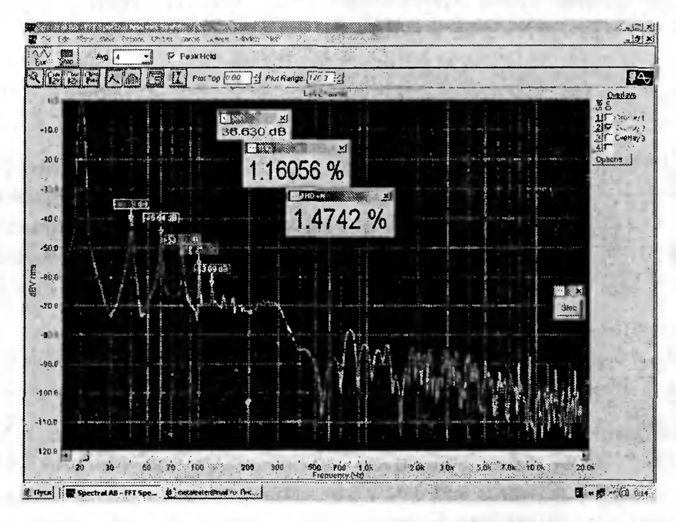
Примечание. ***Все расчеты для трансформаторного каскада справедливы и для резистивного (с нагрузкой в аноде) с учетом следующих замечаний. Для трансформаторного каскада напряжение на аноде лампы равно разности напряжений источника питания $U_{пит}$ и падения напряжения на активном сопротивлении обмотки. Но последнее у хороших трансформаторов на порядок меньше R_a. Т.е. напряжение на аноде практически равно напряжению источника питания.***

В случае резистивной нагрузки пренебречь падением напряжения на активном сопротивлении уже нельзя, т.к. R_a носит исключительно активный характер. Если в нашем примере (**рис. 2.6**) вместо первичной обмотки трансформатора (R_a=5 кОм) установить резистор такого номинала, то для сохранения прежней РТ потребуется напряжение питания, равное $U_{a0}+ R_a \cdot I_{a0}$=150 В+5 кОм·30 мА=300 В.

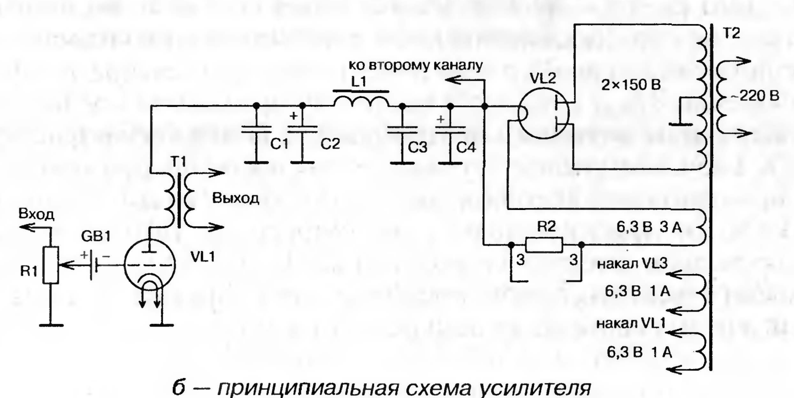
Обратите внимание, что ДХ пересекает ось абсцисс в точке с координатами (300 В, 0)! Именно из этой точки следует проводить ДХ под углом, соответствующим требуемому значению $R_{аэкв}$, выбираемому исходя из условия **$R_{a\ экв}$ =3-5R_i** и учитывающему величину сопротивления утечки сетки R_c лампы следующего каскада. Т.к. по переменному току Ra и R_c соединены параллельно, то $R_{a\ экв} = R_aR_c/(R_a+R_c)$. Необходимо следить, чтобы ДХ, по возможности приближаясь, нигде не пересекала кривую, соответствующую максимальной мощности анода. В противном случае следует выбрать другое значение $R_{a\ экв}$. Также нежелательно превышать предельные значения тока анода и напряжения на аноде. На полученной ДХ выбирают рабочую точку — обычно в середине отрезка, образованного точкой (0, $U_{пит}$) и пересечением ДХ с участком ВАХ, соответствующим $U_{см}$=0. Определив КНИ в РТ, можно скорректировать ее положение. Разумеется, РТ должна выбираться так, чтобы максимально возможная амплитуда сигнала на сетке не превышала $2U_{см0}$.

Схема усилителя

Переходим **к схеме усилителя.** Это единственный каскад (**рис. 2.7.*б***), фиксированное смещение организовано с помощью полуторавольтовой батареи. Батарейное смещение отличается наибольшей стабильностью, низким уровнем шумов каскада (катод лампы заземлен), что позволяет питать накал лампы переменным током (упрощая конструкцию и сохраняя «микродинамику»), а также простотой и минимальной стоимостью.



а — результаты измерения КНИ макета усилителя



б — принципиальная схема усилителя

Рис. 2.7. *Усилитель*

К **недостаткам** можно отнести следующее.

Во-первых, необходимость периодического (хотя и не частого) контроля напряжения.

Во-вторых, при использовании нестабилизированного источника анодного напряжения возможно превышение предельных значений анодного тока и (или) мощности, рассеиваемой на аноде: повышение напряжения эл. сети вызывает прямопропорциональное повышение $U_{пит}$ и U_a, что приводит к увеличению тока анода, но уже пропорциональное U_a в степени 3/2! Это еще одна причина, по которой не следует выбирать рабочую точку 0` **(рис. 2.6)** для данной схемы.

Примечание. ***Автор применил щелочные «Varta» типоразмера АА, но можно попробовать батареи других типов и фирм, подбирая их по наилучшему качеству звучания. Применять батарейные контейнеры не следует ввиду вероятной потери контакта. Батареи хорошо паяются.***

Внимание! ***В случае использования литиевых или т.н. часовых батарей необходимо выбирать модели, имеющие контакты для пайки, а саму пайку выполнять очень быстро, не допуская сильного нагрева корпуса. В противном случае гарантирован минивзрыв!*** **Берегите глаза, защитные очки обязательны!**

Источник питания кенотронный, с **П-образным фильтром** (C-L-C). Наилучшее звучание обеспечивается при минимально возможной величине активного сопротивления дросселя, поэтому намотку следует производить достаточно толстым проводом. Электролитические конденсаторы шунтируются бумаго-маслянными с целью снижения паразитной индуктивности и уменьшения тангенса угла потерь. Если габариты корпуса позволяют, то можно применить только бумаго-маслянные конденсаторы соответствующей емкости.

Потребляемый схемой ток невелик (60 мА), поэтому нетрудно обеспечить трехкратный запас по мощности.

Задержка подачи анодного напряжения дополнительно обеспечивается резистором, включенным последовательно накалу: т.к. сопротивление цепи накала холодной лампы на порядки меньше, чем у разогретой, то падение напряжения на резисторе будет бОльшим, что приводит к задержке прогрева кенотрона и, соответственно, подачи выпрямленного напряжения. Использование кенотрона косвенного накала нежелательно, т.к. последний уступает прямонакальному по субъективному влиянию на качество звучания.

Улучшение параметров

Рассмотрим **варианты для экстремалов!** Улучшить параметры усилителя можно несколькими путями.

Во-первых, стабилизировать анодное напряжение (например, с помощью лампового стабилизатора), тогда появится возможность выбора рабочей точки 0\` (**рис. 2.6**), что позволит увеличить выходную мощность усилителя.

Во-вторых, применить батарейное питание, используя набор из 10—12 шт. двенадцативольтовых аккумуляторных батарей для подачи анодного напряжения и 1—3 шт. шестивольтовых — для питания накала. Емкость батарей выбирается исходя из допустимых габаритов блока питания, а сам блок выполняется в отдельном корпусе. При этом усилитель начинает жить своей жизнью вследствие размеров, веса и необходимости зарядки аккумуляторов.

Примечание. ***Разница в звучании двух последних вариантов невелика, а вот по сравнению с обычным кенотронным нестабилизированным — весьма заметна.***

Комплектующие

Схема содержит небольшое количество элементов, поэтому желательно использовать по возможности качественные (не обязательно безумно дорогие) комплектующие: переменный резистор регулятора громкости ALPS, конденсаторы блока питания — Rubycon, Marcon, Nichicon и (или) МБГЧ. Перечень комплектующих, используемых в авторском варианте, представлен в **табл. 2.1**.

Перечень комплектующих, используемых в авторском варианте *Таблица 2.1*

Обозначение	Номинал, название	Производитель	Ориентировочная цена, $	Количество	Где купить
R1	50k, log	ALPS	25	1	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru
G1	1,5	Varta	0,5	2	В любом магазине
V1	6С45П	«Рефлектор»	1,8	2	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru
C2,C4	330мкФх350В	Rubycon	5	4	На радиорынке
C1,C3	20мкФх250В	МБГЧ	1,5	4	На радиорынке
T1	TW6SE	«Аудиоинструмент»	32	2	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru
T2	D300AM	«Аудиоинструмент»	12	2	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru
T3	TAN 250	«Аудиоинструмент»	28	1	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru
V2	5Ц3С	«Светлана»	6	1	«Аудиоинструмент»: audioinstrument@mail.ru

Итого: $180,6 (без корпуса, разъемов и панелек).

Резистор R2 составлен из трех параллельно включенных ОМЛТ-2, 1 Ом. В авторской конструкции использован корпус, изготовленный московской фирмой «Аудиоинструмент» (**рис. 2.8**).



Рис. 2.8. *Усилитель в корпусе, изготовленном московской фирмой «Аудиоинструмент»*

Возможные замены

Силовой трансформатор — ТАН76, 111, 120, 127 либо парой: ТН21-25 и ТА106, 143, 171, 203 и др. с подходящим параметрами вторичных обмоток.

Дроссели — Д39-2,5-0,26, Д49-5-0,28, Д50-10-0,2, Д48-2,5-0,4; кроме того, существует множество нестандартных изделий.

Выходные трансформаторы — любые однотактные, 5 кОм/ $R_н$ ($R_н$ определяется требуемым сопротивлением нагрузки: АС, низкоомные или высокоомные головные телефоны), $I_{а\,макс}$ — не менее 30 мА, частотный диапазон и неравномерность — в соответствии с вашими желаниями и возможностями.

Программы расчетов в сети Интернет

Разумеется, моточные изделия и корпус можно изготовить самостоятельно. Методики и программы расчета выходных трансформаторов можно почерпнуть из следующих источников:

http://www.audioworld.ru/DIY/Dop/trans_02.html — методика определения параметров трансформаторных сталей от Игоря Демченкова;

сайт http://www.shemki.com/ и форум Сергея Рубцова http://book.by.ru/cgi/view?book=guest-book-shemki — теория и практика изготовления звуковых трансформаторов;

http://www.next-power.net/next-tube/articles/Transcalc/abstract_ru.html — программа расчета выходных трансформаторов «*TUBE TransCalc*» (разработчик — Андрей Шевченко);

http://diyaudio.8m.com/Ot/ot_en.html — методика быстрого (оценочного) расчета выходных однотактных трансформаторов от Элвиса Ракича.

Внимание! ***В качестве формулы для оценки площади сечения (по методике 4 следует принять F=20×SQTR(N/fd), иначе результаты окажутся существенно заниженными.***

Заключение

Макет усилителя (напомним, выходные трансформаторы были рассчитаны на нагрузку 4 Ом) для контроля работоспособности подключался к АС С-90, обладающей низкой чувствительностью (по паспорту: 88 дБ/1 Вт/1 м) и сложным импедансом. Удивительно, но мощности хватило для прослушивания музыки даже при среднем положении регулятора громкости в комнате 20 м^2! Порадовало и качество звучания, после чего было решено изготовить выходные трансформаторы с двумя группами вторичных обмоток:

- для подключения головных телефонов — сопротивлением 300 Ом;
- для подключения АС — сопротивлением 4 Ом или 8 Ом.

2.2. Однотактный усилитель мощности на 6Ф12П/6550

Особенности однотактных усилителей и выбор лампы

Проблема большинства однотактных усилителей — небольшая выходная мощность, обычно не превышающая 3—5 Вт. Использование **знаменитой лампы 300В** позволяет получить 8—10 Вт. Однако низкое внутреннее сопротивление последней (700—800 Ом) предъявляет повышенные требования к конструкции выходного трансформатора, да и схем однотактных усилителей на базе этой лампы — сотни: трудно создать что-то новое.

Случайно одному из авторов настоящей книги удалось приобрести пару подобранных ламп 6550 американского производства, которые можно увидеть на **рис. 2.9**.



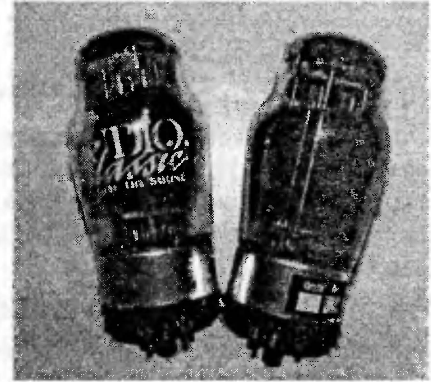


Рис. 2.9. *Лампа 6550*

Тем самым и был сделан выбор лампы выходного каскада. Лампа 6550 обычно используется в гитарных усилителях PP и практически не встречается в SE-схемах. Авторы также поначалу сомневались в «аудиофильском» характере звука,

который можно ожидать от этой лампы, но любопытство взяло верх.

Расчеты

Прогресс не стоит на месте, появляются хорошие инженерные программы для расчетов всевозможных каскадов, в том числе и усилительных каскадов на электронных лампах. Это еще раз доказывает растущий интерес к лампам.

Авторы использовали программы **«SEAmpCAD»** и **«TubeCAD»** американской фирмы **«Glass Ware»** — в качестве проверочного просчета и последующей, наглядной коррекции режимов ламп. Основной упор в данном разделе сделан на возможность повторения усилителя в домашних условиях. Кстати, этот процесс довольно длительный — сборка усилителя и «выведение на звук» заняли почти год. Руководствуясь данным материалом, можно изготовить этот усилитель за меньший срок и с меньшими трудозатратами.

Режимы ламп

Режимы ламп на первый взгляд покажутся опытным радиолюбителям не совсем корректными — дело в том, что подстройка производилась на слух. В расчете схемы использовались известные постулаты построения Hi-End усилителей, а именно:

- отсутствие обратной связи;
- максимально короткий тракт усиления;
- использование минимального числа элементов.

Драйвер

В качестве драйвера была использована электронная лампа 6Ф12П, а точнее — триодная ее часть, обладающая очень высоким усилением. Данная лампа выпускалась нашей промышленностью для ламповых телевизоров, она и сейчас выпускается, будучи дешевой и недефицитной, чего не скажешь

о 6550. Хотя последнюю выпускают, как известно, два отечественных предприятия: «Светлана» и «Рефлектор». Поэтому и ее, при желании, можно приобрести. Ситуация с импортными лампами гораздо сложнее. О звучании ламп различных производителей будет сказано отдельно.

Схема усилителя

Схема усилителя приведена на **рис. 2.10**. Отметим, что простота схемы кажущаяся. Первый каскад выполнен на триоде лампы **6Ф12П** с батарейным смещением, что позволяет избавиться от резистора и конденсатора в катодной цепи (в случае автосмещения), пагубно влияющих на звучание. Аккумулятор (далее АКК) можно поставить и в цепь сетки, но авторам больше понравился (после сравнения на слух) первый вариант.

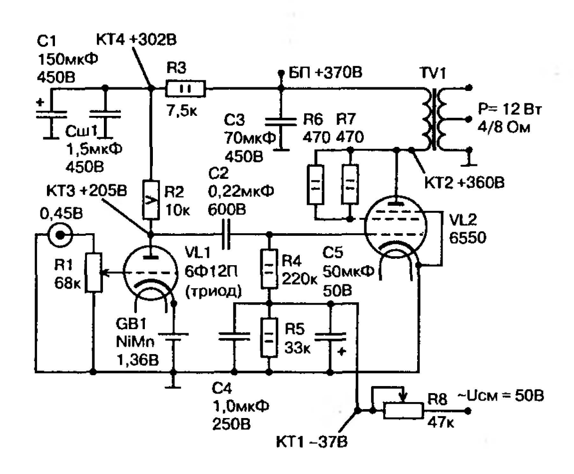


Рис. 2.10. *Схема усилителя на лампе 6550*

Настоятельно рекомендуем именно аккумулятор: в отличие от батарейки он не требует периодической замены — подзарядка осуществляется током анода самой лампы, и нет необходимости заменять элемент подобно батарейке.

Внимание! ***Следует выбрать емкость аккумулятора не менее 1000 мА/ч, чтобы избежать перезарядки.***

Нагрузка каскада — анодная, резистивная; величина резистора — 10 кОм. Это обусловлено достаточно большой динамической входной емкостью лампы выходного каскада; для предотвращения завала АЧХ на ВЧ требуется использование драйвера с низким выходным сопротивлением, что и было реализовано. Результаты прослушивания также подтвердили правильность выбора величины анодной нагрузки.

В схеме используется разделительный конденсатор, т.к. усилитель все-таки класса «Hi-Fi»...

Изготавливаем выходной трансформатор

В выходном каскаде на лампе 6550 применено фиксированное смещение, что позволяет избавиться от конденсатора и резистора в катоде, благо лампа ведет себя достаточно стабильно. Нагрузкой лампы 6550 является **выходной трансформатор**, изготовленный самостоятельно в домашних условиях. Остановимся на его конструкции подробно.

Для самостоятельного изготовления понадобится намоточный станок, фторопластовая лента толщиной 0,01 мм и 0,05 мм, скотч, толстые нитки, обмоточный провод диаметром 0,315 мм и 0,45 мм, плотная неглянцевая бумага толщиной 0,28 мм, пчелиный воск и упаковочная бумага или аналогичная толщиной 0,2 мм.

Сердечник и каркас — от промышленного трансформатора ОСМ-0,16 (однофазный, сухой, многофункциональный, мощность — 0,160 кВт). При покупке нужно обратить свое внимание на следующие детали:

- поскольку трансформатор придется разбирать, то выбирайте те экземпляры, где меньше наплывов лака, который затрудняет разборку;
- сердечник и каркас не должны иметь видимых деформаций;

- стык в зазоре должен быть аккуратным, без каких-либо смещений;
- некоторые экземпляры трансформаторов ОСМ делают из толстого (более 0,35 мм) витого железа — такие сердечники приобретать не следует. Иногда можно встретить трансформаторы с кожухом-экраном — это наилучшие экземпляры. Старайтесь выбрать пару трансформаторов из одной партии и, тем более, одного изготовителя.

Первый этап — разборка. Для этого необходимо удалить излишки лака с поверхности трансформатора. Развинтить все шпильки, снять подставку, хомут и кожухи (если таковые имеются). Зажать одну сторону сердечника через деревянные прокладки в тиски так, чтобы губки тисков не соприкасались с сердечником. А по другой половине, также через доску, резко ударить молотком: произойдет разделение половинок сердечника. Теперь их можно снять, затем освободить каркас от обмоток и удалить остатки лака.

Второй этап — очистка. Сердечник также следует очистить от подтеков лака — будьте осторожны: в случае отслоения витков железа придется покупать новый трансформатор и повторять все перечисленные процедуры!

Третий этап — намотка. Первичная обмотка имеет 3600 витков провода ПТЭВ-1 диаметром 0,315 мм. Вторичная обмотка имеет 205 витков проводом 0,45 мм с отводом от 138 витка.

Намотка производится виток к витку. Первичная намотка разделена на 5 секций. Первая и пятые секции — 4 слоя. Вторая и четвертая секции — 5 слоев. Третья — шесть слоев. Слои первичной обмотки соединяются последовательно. Между секциями первичной обмотки расположены вторичные обмотки, которые соединены между собой параллельно. Последовательность чередования обмоток выглядит следующим образом: 1-2-1-2-1-2-1-2-1. В качестве межслойной изоляции используется фторопластовая лента толщиной 0,01 мм, а между секциями — 0,05 мм в один слой. Нитки нужны для намотки незаполненных проводом участков возле щек каркаса, выравнивания обмоток и предотвращения провала витков.

Фторопластовая лента фиксируется тонкими полосками скотча. Процесс намотки показан на **рис. 2.11**.

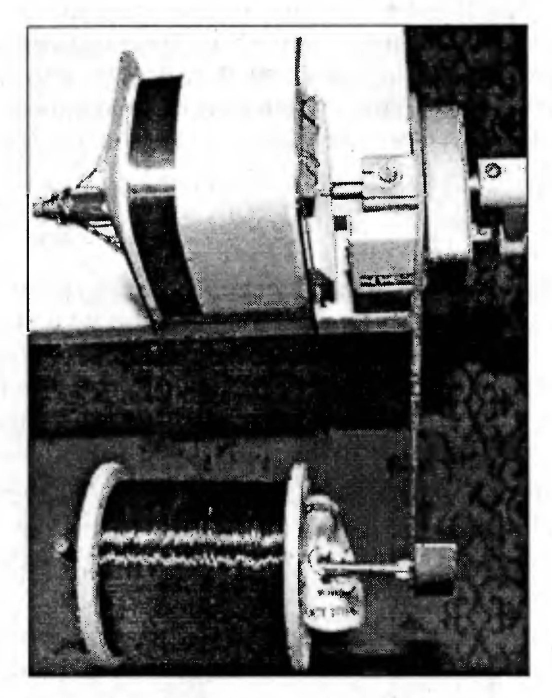


Рис. 2.11. *Намотка трансформатора*

Толщина зазора в магнитопроводе — 0,28 мм (один слой плотной бумаги). Сердечник необходимо обернуть плотной бумагой и только затем стянуть хомутом. Собранный трансформатор следует проварить в воске, удалив подтеки после остывания.

Еще несколько слов об элементой базе

Напомним, что речь идет об **усилителе класса Hi-Fi**. По возможности применяйте новые детали. **Постоянные резисторы** — МЛТ-2 и ВС. **Электролитические конденсаторы** — «Marcon», «Nichicon», «Rubycon», «Samsung», «Jamicon». **Переменные резисторы** — СП-I, СП-III — доработаны.

В качестве **разделительного конденсатора**: ФТ, К40-У9, К42-У2, К78-2 и т. д. Конденсатор С3 — пленочный, типа ДПС или НТС, который можно заменить на МБГО или, в крайнем случае, на электролитический. Все электролитические конденсаторы шунтированы постоянными К78-2 (желательно, чтобы их емкость составляла не менее 5—10 % от емкости шунтируемых электролитических конденсаторов).

Лампы 6Ф12П следует подобрать в пары по минимальному уровню микрофонного эффекта; вместо лампы 6550 можно использовать ее клон — КТ88 (выпускается и в России). **Методика отбора подробно изложена** в книге: Г.С. Гендин. «Высококачественные ламповые усилители звуковой частоты». — М.: Радио и Связь. — 1997.

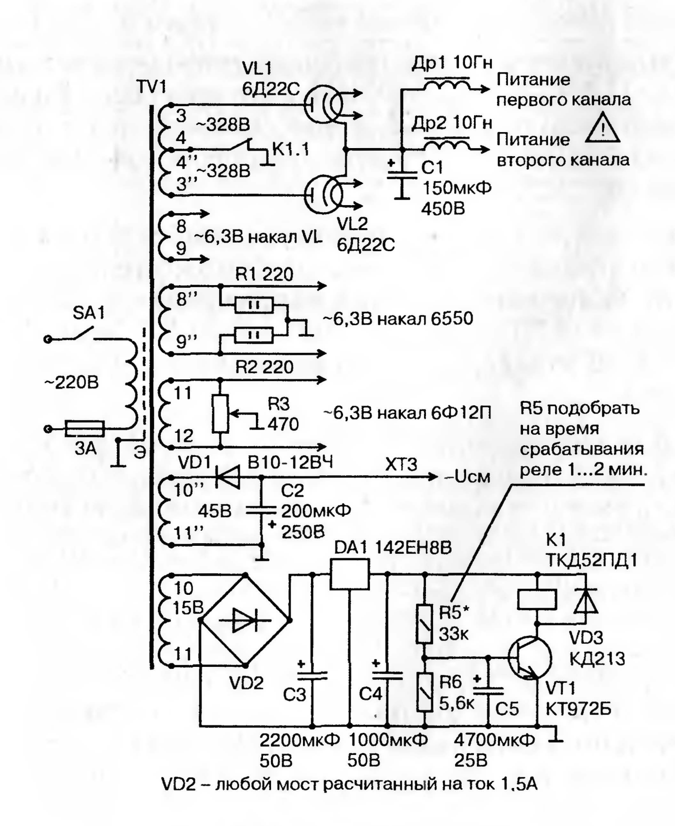


Рис. 2.12. *Схема блока питания*

Авторы применили элитные комплектующие известных производителей: «Audio Note», «Black Gate», «Ricken Ohm» и т.п. Отметим, что немногие слушатели были в состоянии определить, какой канал усилителя собран на заурядной, а какой — на элитной элементной базе.

В качестве АКК подойдет аккумулятор 1,2 В NiMg или NiCd в корпусе АА например фирмы «GP».

Блок питания **рис. 2.12** собран по классической двухполупериодной схеме. Ввиду большого потребления тока, используются вакуумные диоды 6Д22С.

Дроссели — от КИНАПовского усилителя, но можно использовать любые другие, рассчитанные на ток 150 мА и индуктивность 10 Гн (желательно использовать дроссели с минимально возможным активным сопротивлением обмотки).

Диод в выпрямителе источника напряжения смещения использован В10-12 ВЧ — с большой площадью кристалла. Такие диоды обычно характеризуются пониженным уровнем шумов и практически не создают ВЧ-помех при переключении. Можно использовать и КД226Г.

Несмотря на то, что в выпрямителе используются лампы косвенного накала, авторы ввели дополнительную **схему задержки включения анодного напряжения** — для продления срока службы дорогостоящих выходных ламп. Все же лампы 6Д22С входят в рабочий режим быстрее всех остальных ламп.

Силовой трансформатор применен от лампового телевизора ТС-250-2. Все обмотки, кроме сетевой и экрана, необходимо удалить, а вместо них намотать обмотки согласно **табл. 2.2**.

Последовательность разборки/сборки ТС-250-2 аналогична изложенной выше для трансформатора ОСМ-0,16. Разумеется, в сердечник силового трансформатора не нужно вводить зазор! Обе «подковы» магнитопровода перед сборкой необходимо промазать с торцов эпоксидным клеем: после сборки включите трансформатор на холостом ходу так, чтобы эпоксидка немного растеклась, а когда клей высохнет, проварите трансформатор в воске, после чего он готов к работе. Итак,

все детали в наличии, можно переходить **к изготовлению корпуса**.

Обмоточные данные *Таблица 2.2*

Железо от тр-ра ТС-250 (тщательно подобрано)

1-1"	220 В	1,1 А	заводская	d=0,67 мм
3-4	328 В	0,25 А	1075 Вт	d=0,4 мм
8-9	6,4 В	3,8 А	22 Вт	d=1,4 мм
10-11	15 В	0,9 А	50 Вт	d=0,68 мм
12-13	6,4 В	0,9 А	22 Вт	d=0,68 мм
Э - экран				

1-1"	220 В	1,1 А	заводская	d=0,67 мм
3"-4"	328 В	0,25 А	1075 Вт	d=0,4 мм
8"-9"	6,4 В	3,8 А	22 Вт	d=1,4 мм
10"-11"	45 В	0,15 А	145 Вт	d=0,31 мм
Э" - экран				

Изготовление корпуса

В авторском варианте корпус изготовлен из ценных пород дерева, а именно — из массива дуба и тика, и покрыт лаком (**рис. 2.13**). Процесс изготовления представлен на **рис. 2.14**.

В качестве шасси можно использовать дюралюминиевый или медный лист толщиной 3—4 мм. Ножки-шипы специально изготовлены на заказ (**рис. 2.15**). Применена войлочная прокладка для лучшей амортизации.

Силовой трансформатор и дроссели сначала прикручиваются к алюминиевой пластине, а затем через резиновую прокладку толщиной 2 мм — к шасси (в целях демпфирования).

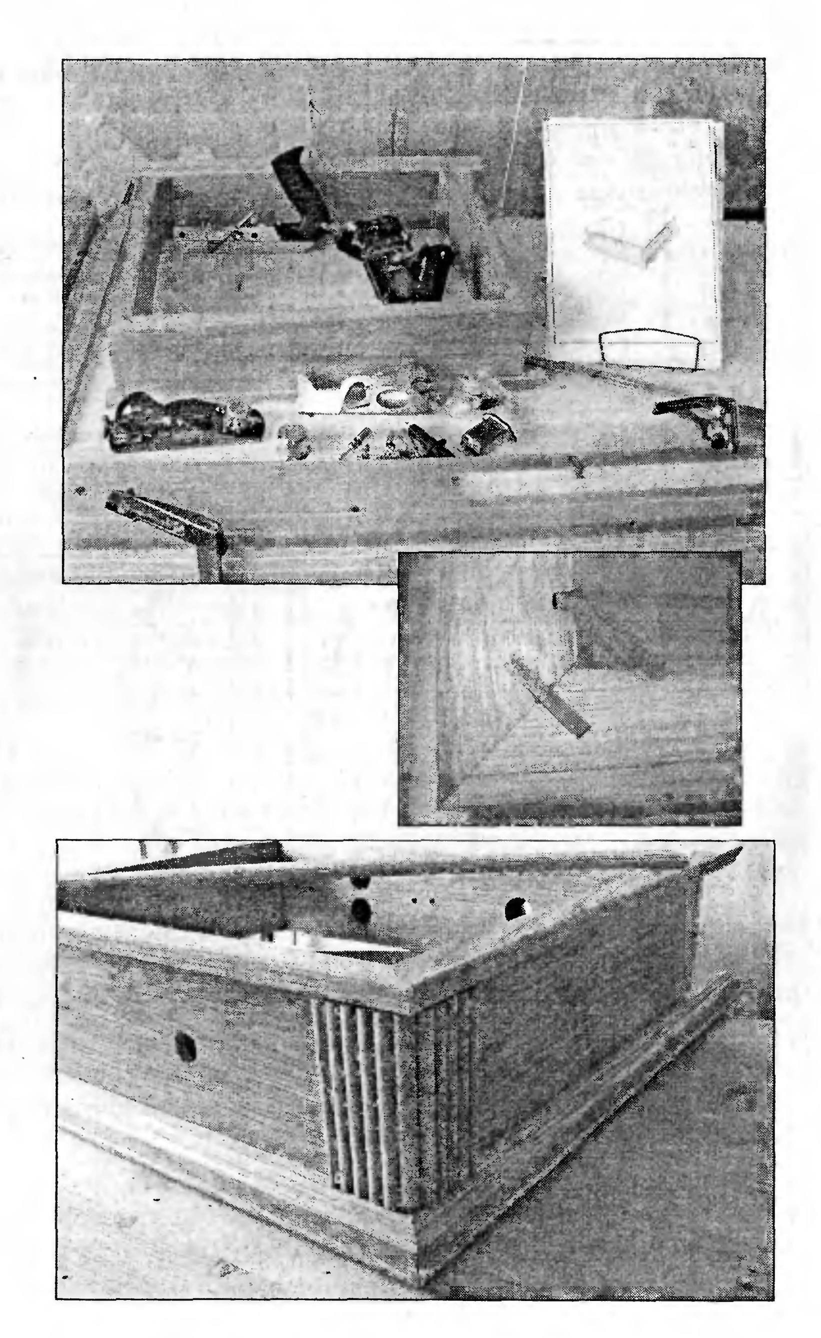


Рис. 2.14. *Процесс изготовления корпуса и монтаж*

Рис. 2.13. *Корпус и комплект деталей*

Рис. 2.15. *Ножки-шипы*

Монтаж деталей усилителя — навесной, кроме платы задержки подачи анодного питания. Разводка земли классическая — звездой. Элементы размещены на шасси следующим образом (**рис. 2.16**): дроссели — в правом верхнем углу, чуть ниже — плата задержки включения анодного питания и выпрямитель для фиксированного смещения выходного каскада. Монтаж сигнальных цепей произведен посеребренным одножильным проводом 0,8 мм, земли — 2 мм в фторопластовой изоляции. Провод в питании накала ламп — многожильный, скрученный в витую пару. Использовался припой с содержанием серебра 4 %.

Внимание! ***Перед первым включением необходимо тщательно проверить правильность монтажа!***

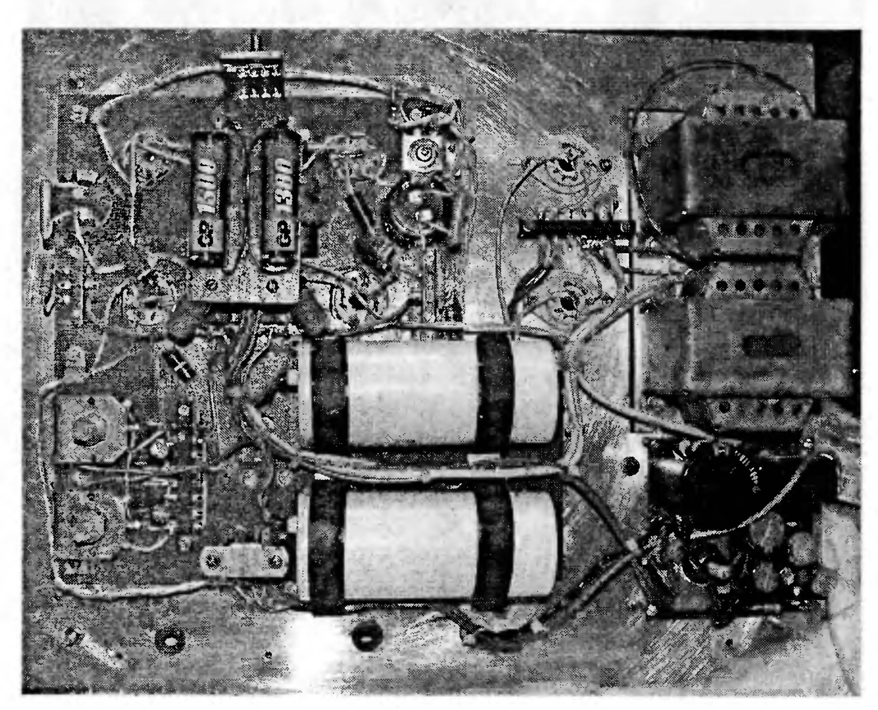


Рис. 2.16. *Шасси. Вид со стороны монтажа*

Настройка усилителя

Настройка усилителя сводится к установке режимов ламп в контрольных точках (указаны на схеме усилителя) и нахождению места соединения земли с шасси (определяется по наименьшему фону). Полного устранения фона можно добиться, вращая ручку потенциометра R3 (см. схему блока питания на **рис. 2.12**). После настройки усилителя шасси устанавливается в корпус (**рис. 2.17**).

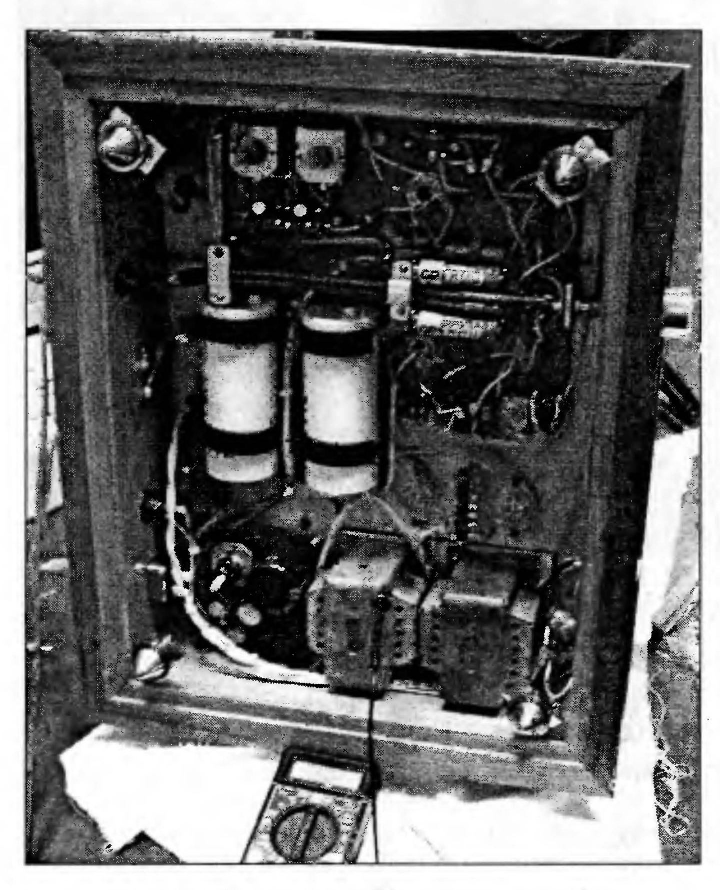


Рис. 2.17. *Усилитель. Вид со стороны монтажа*

Звуковые и силовой трансформаторы находятся сверху шасси и закрыты общим кожухом (**рис. 2.18**).

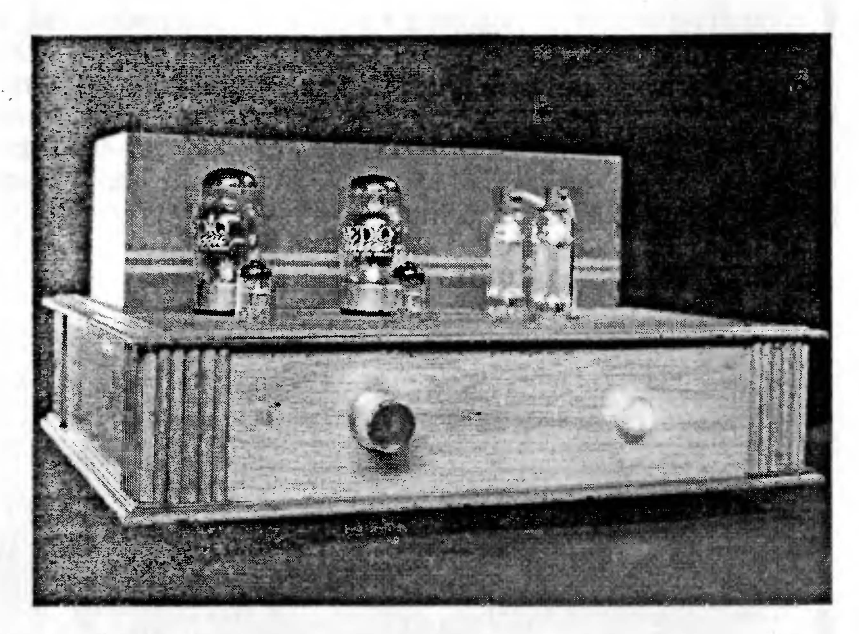


Рис. 2.18. *Усилитель готов!*

Параметры усилителя

Параметры усилителя соответствуют стандарту «Hi-Fi».

- АЧХ 17,5—31000 по уровню .... –0,5 дБ
- АЧХ 15—52000 по уровню .... –3,0 дБ
- Уровень шумов .... –78 дБ
- Выходная мощность на нагрузке 8 Ом .... 12 Вт
- КНИ (максимальная мощность) .... 2,8 %

Вес усилителя .... 22,5 кг

Характер звучания вы можете оценить самостоятельно — повторив данную конструкцию...

Гарантируем, что при аккуратном следовании рекомендациям авторов вы не пожалеете о потраченном времени и средствах!

В заключение отметим, что с помощью данного усилителя были отслушаны **лампы 6550** разных производителей. Наилучший результат показали **лампы «Audio Glassic» (рис. 2.9)**, хорошие впечатления оставили и **лампы 6550** предприятия «Рефлектор» (Саратов) — последние несколько подчеркивают низкие частоты. Возможно, все дело в конкретных экземплярах, да и слух у всех разный... В любом случае, саратовские лампы — достойные представители семейства 6550/ KT88!

Когда усилитель был собран, в руки авторам попали выходные трансформаторы «TANGO U-808» (**рис. 2.19**).

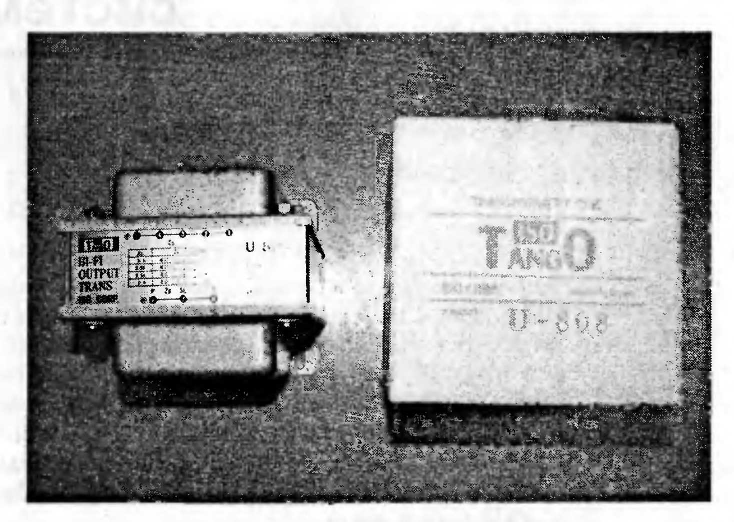


Рис. 2.19. *Трансформатор «TANGO U-808»*

По результатам сравнения они уступили трансформаторам авторской конструкции (рассмотрены выше) как по субъективным (прослушивание, слепой тест), так и по объективным результатам измерений. Кстати, параметры U-808 несколько отличались от заявленных изготовителем. В результате было принято решение остановиться на самостоятельно изготовленных выходных трансформаторах.

Глава 3

Акустические системы

Задача авторов в этой главе — предоставить читателям информацию о нетрадиционных акустических оформлениях громкоговорителей. Действительно, в литературе для радиолюбителей широко представлены лишь АС в оформлении «Закрытый ящик» и «Фазоинвертор». В данной книге ВПЕРВЫЕ в отечественной радиолюбительской литературе публикуются АС типа «Труба Войта» и «Обратный рупор».

Глава содержит подробнейшие описания конструкций, чертежи АС, параметры динамических головок, результаты расчетов, фотографии различных этапов сборки корпусов, схемы фильтров и т.п.

Понимая проблемы радиолюбителей, связанные с приобретением импортных комплектующих, одну из конструкций авторы разработали специально на основе динамических головок российского производства.

3.1. Обзор ситуации на рынке акустических систем

О роли акустических систем и особенности восприятия музыки

Пожалуй, ни один из аудиокомпонентов не вызывает столько споров, как конструкция **акустических систем (АС)**. На Интернет-форумах периодически вспыхивают словесные баталии между сторонниками и противниками тех или иных решений. Поводом для ожесточенных споров являются практически любые вопросы построения АС:

- выбор акустического оформления;
- количество полос;
- реализация фильтров и корректирующих цепей;
- методики доработки динамиков;
- применяемые материалы.

И лишь в одном сходятся даже самые непримиримые оппоненты — роль АС в аудиосистемах сложно переоценить. К сожалению, все перечисленные тенденции характерны для радиолюбительских и аудиофильских кругов. А производители аудиоаппаратуры, похоже, все для себя давно решили, и в магазинах представлены в основном т.н. **«домашние кинотеатры в одной коробке»**. В чем же недостаток «кинотеатральной» акустики и почему покупатели не бойкотируют подобные поделки, а напротив, приобретают и используют такие комплекты даже для прослушивания музыки?

Дело в том, что до 97% информации человек получает с помощью органов зрения. Установив в DVD-плеер диск с концертной записью любимой группы, слушатель невольно (и практически мгновенно) превращается в ЗРИТЕЛЯ. При этом звук (а тем более, качество звучания!) отходят на второй план.

Примечание. ***Нечто подобное происходит и с автомобильными системами. Водитель и пассажиры следят прежде всего за дорогой, а музыка воспринимается как акустический фон. Поэтому у любителей «крутого автозвука» нередки сетования на «недостаточную громкость» и (или) «нехватку басов», но никогда — на качество звучания!***

Квадрофония

Любопытный момент: «домашний кинотеатр» появился (приблизительно) через 20 лет после краха квадрафонии как коммерческой инновации в области высококачественного звуковоспроизведения. Что же представляла собой квадрафония?

Во-первых, высококачественные грампластинки. Легендарный альбом «The dark side of the Moon» группы Pink Floyd был записан именно как квадрафонический. **Во-вторых**, высококачественные аналоговые демодуляторы и полноценные четырехканальные усилители. **В-третьих** — квартет высококачественных АС (фронтальные и тыловые АС, обычно одинаковой конструкции).

Разумеется, система столь высокого качества оказалась достаточно дорогой, что и предопределило судьбу квадрафонии... «Домашний кинотеатр» — напротив, недорогое решение, обеспечивающее адекватное, т.е.адекватно невысокое качество звуковоспроизведения.

Условия высококачественной АС

Отметим, что **необходимыми (но не достаточными!) условиями** высококачественной АС являются:

- большой внутренний объем. Именно внутренний за вычетом объема трубы фазоинвертора, динамиков, фильтров, звуко-

поглощающего материала. Например, у распространенной до сих пор **АС S-90** производства СССР при внушительных габаритах он составляет всего 30 л;

- жесткий, толстостенный, массивный корпус из материала с хорошим звукопоглощением;
- большой диаметр диффузора НЧ-головки (не менее 20 см, желательно — более 30 см).

Акустическое оформление — вопрос скорее инженерный. При надлежащем расчете и качестве исполнения можно добиться хороших результатов от оформления практически любого типа. Даже неприемлимый для аудиофила фазоинвертор (при условии равенства площади порта эффективной площади диффузора)!

Нетрудно убедиться, что системы, отвечающие перечисленным требованиям, практически отсутствуют в магазинах, торгующих «бюджетной» техникой.

Даже в специализированных салонах с элитной аппаратурой, к сожалению, также прослеживается тенденция к минимизации габаритов АС. Безусловно, встречаются и достойные системы, но цены...

3.2. Акустическая система «Труба Войта»

Требование к разрабатываемой системе

Переслушав много акустических систем, один из авторов книги был поражен звучанием колонок (производства Англии, как сказали продавцы) в одном из комиссионных магазинов. Цена также была впечатляющей — около 1200 долларов. На передней панели АС внизу имелось окно квадратной формы. Но, в отличие от фазоинвертора, **портом** его назвать было нельзя, так как площадь была значительно большей, чем эффективная площадь диффузора, а глубина соответствовала толщине передней панели АС. Сомнений не было: это **TQWT (Tapered Quarter Wave Tube)**, она же **«труба Войта»**, названная по имени разработчика Пола Войта (Paul Voight).

Собрав в Интернете и изучив материалы по данному типу акустического оформления, авторы решились на **самостоятельное изготовление**. Тем более, опыт конструирования ламповых УНЧ свидетельствовал, что невозможно обойтись без хорошей акустики. Требования к будущей конструкции казались противоречивыми:

- в связи с риском потратить деньги впустую затраты должны быть минимальны;
- чувствительность АС должна быть не ниже 90 дБ/1 Вт/1 м.

Динамических головок (динамиков) с подходящей чувствительностью отечественного производства не так уж и много. Например, **КИНАП 4А-32**, **4А-28** или **50ГДШ-1**.

Авторы уже имели позитивный опыт построения АС на основе 4А-32, но для малогабаритной квартиры последние не подходят. Все же для 4А-32 нужен простор, тогда они раскрывают себя по-настоящему. Кроме того, приобрести изделия КИНАП в хорошем состоянии достаточно сложно. Их выпуск прекращен более 20 лет назад. Поэтому авторы остановились на **50ГДШ-1**, выпускаемых объединением «НОЭМА» (в настоящее время АООТ «Динамик»). Пара динамиков была приобретена на рынке, **параметры Тиля—Смолла** измерялись и сравнивались с декларируемыми.

Примечание. ***Тиль и Смол (Thiel & Small) — американские инженеры, первыми предложившие набор формальных параметров для описания электромеханических свойств головок громкоговорителей.***

Методики измерения:

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsm.htm

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsp.htm

http://sound.westhost.com/tsp.htm

В итоге, резонансная частота получилась у одного ГД — 73 Гц, а у другого — 50 Гц! Впечатляющий разброс (50 %)! Пришлось снова отправляться на рынок искать пару, благо продавцы помогли. Аппетит, как известно, приходит во время еды: было решено приобрести еще по паре 50ГДН-19Д, 25ГДВ-23Д и РТ35А (SENON).

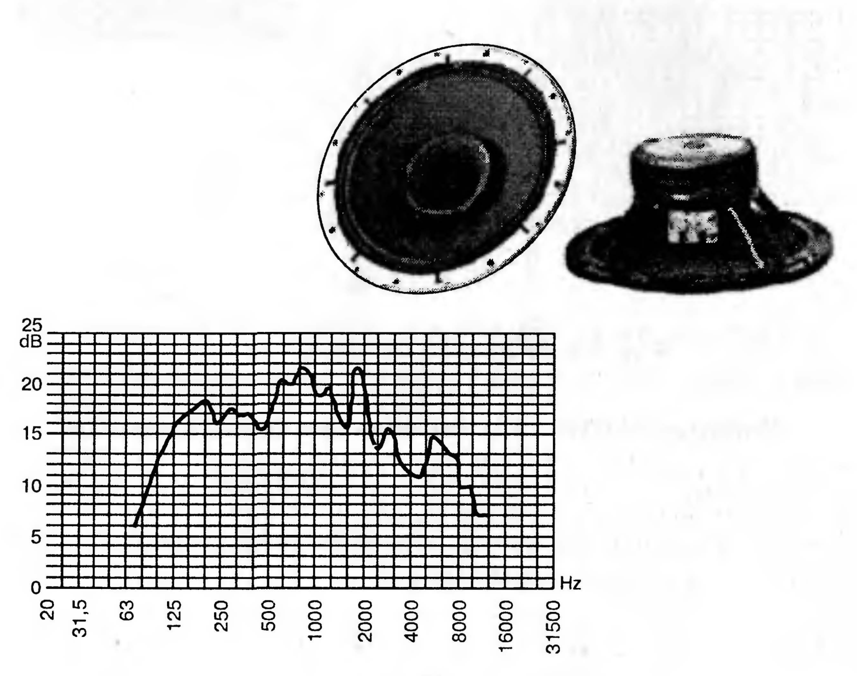


Рис. 3.1. *50ГДШ-1. Паспортные данные*

Динамик 50ГДШ-1: технические характеристики

Номинальное электрическое сопротивление .... 4 Ом
Предельная шумовая мощность .... 50,0 Вт
Предельная долговременная мощность .... 75,0 Вт
Предельная кратковременная мощность .... 100,0 Вт
Уровень характеристической чувствительности
в диапазоне частот 500—5000 Гц .... 95,5 дБ
Эффективный рабочий диапазон частот
при неравномерности ЧХ 15 дБ, ... не уже 80—10000 Гц
Частота основного резонанса .... 65 ± 15 Гц
Габаритные размеры .... D278×122 мм
Масса .... 3,9 кг

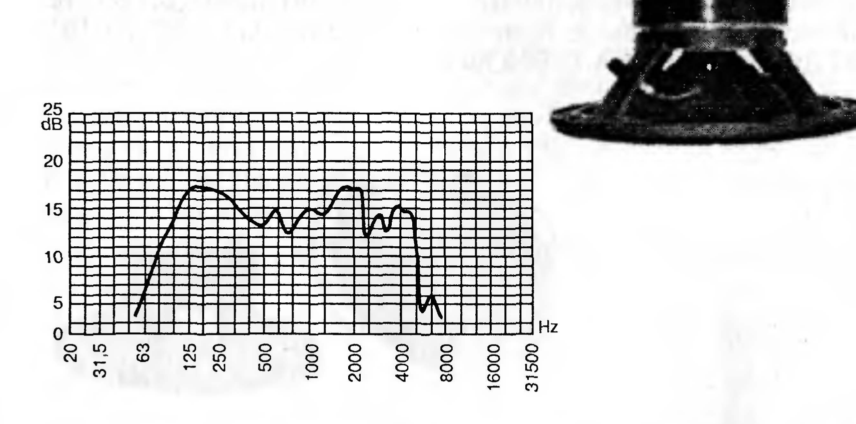


Рис. 3.2. *50ГДН-19Д. Паспортные данные*

Динамик 50ГДН-19Д: технические характеристики

Головка круглая, предназначена для применения в многополосных акустических системах, акустических модулях и блоках музыкальных ансамблей. Способна выдерживать значительные акустические перегрузки.

Номинальное электрическое сопротивление .... 4 Ом
Предельная шумовая мощность .... 50,0 Вт

Предельная долговременная мощность .... 75,0 Вт
Предельная кратковременная мощность .... 100,0 Вт
Уровень характеристической чувствительности
в диапазоне частот 100—2000 Гц .... 91 дБ
Эффективный рабочий диапазон частот .... 30—3150 Гц
Уровень среднего звукового давления
при мощности 50 Вт .... 108 дБ
Неравномерность частотной характеристики звукового
давления в диапазоне частот 100—2500 Гц .. не более 8 дБ
Частота основного резонанса .... 50 Гц
Эквивалентный объем ....0,03 м³
Полная добротность 0,5
Габаритные размеры ....D278×118 мм
Масса .... 3,9 кг

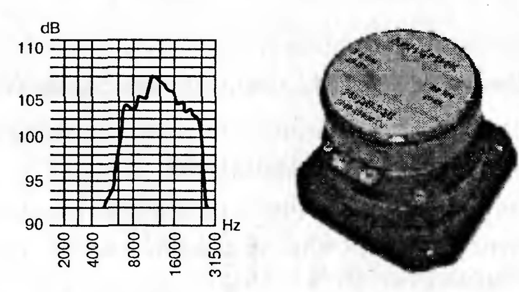


Рис. 3.3. 25ГДВ-23Д. Паспортные данные

Динамик 25ГДВ-23Д: технические характеристики

Высокочастотная головка, предназначена для применения в акустических системах закрытого типа.

Номинальное электрическое сопротивление .... 4 Ом
Предельная шумовая мощность .... 25 Вт
Предельная долговременная мощность .... 25 Вт
Предельная кратковременная мощность .... 35 Вт
Уровень характеристической чувствительности
в диапазоне частот 8000—16000 Гц .... 102 дБ

Эффективный рабочий диапазон частот при неравномерности ЧХ 14 дБ .... не уже 5000—25000 Гц
Габаритные размеры .... 112×112×88 мм
Масса .... 1,0 кг

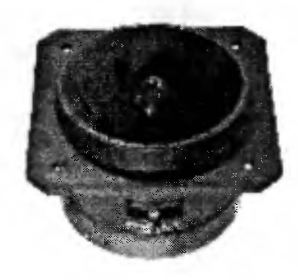


Рис. 3.4. *РТ 35А. Паспортные данные*

Динамик РТ 35А: технические характеристики

Номинальное электрическое сопротивление .... 8 Ом
Предельная шумовая мощность .... 25 Вт
Уровень характеристической чувствительности .... 100 дБ
Эффективный рабочий диапазон частот при неравномерности ЧХ 14 дБ .... не уже 2000—20000 Гц
Габаритные размеры .... 112×112×88 мм
Масса .... 0,95 кг

Начинаем изготовление акустической системы

Итак, имеются четыре пары динамиков. Посадочные размеры таковы, что в рамках одного корпуса АС динамики 50ГДШ-1 и 25ГДВ-23Д взаимозаменяемы с 50ГДН-19Д и РТ35А. Разделительные фильтры — простейшие, 1 порядка. Частота раздела в первом случае составляет 8000 Гц и 3500 Гц — во втором. ВЧ-головка включена через конденсатор 0,5—1 мкФ (подобрать) соответственно.

Далее — дело техники: устанавливаем программу для расчета геометрических размеров корпуса колонки TQWT, доступную с http://www.metaleater.narod.ru/progs.html, и вычисляем габариты АС. Размеры авторского варианта представлены далее в **табл. 3.1** и **табл. 3.2**.

Затем необходимо обзавестись:

- листом 3000×1500×15 мм фанеры «ФСФ» (1 шт.);
- деревянным бруском 30×30×6000 мм (6 шт.);
- саморезами 3,5×40 мм (около 200 шт.);
- банкой клея ПВА;
- столярным инструментом;
- акустическими разъемами и проводом;
- разделительными фильтрами 1 порядка (частота раздела в первом случае составляет 8000 Гц и 3500 Гц — во втором);
- тюбиком клея «Момент» и силиконовым герметиком;
- синтепоном (0,9×2 м);
- противошумовой автомастикой.

И самое главное — запаситесь терпением.

Процесс изготовления корпуса

Детали корпуса соединяются посредством клея, брусков и шурупов. Все углы с внутренней стороны промазываются герметиком, а стенки покрываются противошумовой мастикой, затем оклеиваются синтепоном. Последней прикручивается боковая стенка. Места заворачивания саморезов замазываются шпаклевкой по дереву. Отделка может быть выполнена шпоном, пленкой и т.п. Авторы нанесли мебельный лак непосредственно на поверхность фанеры. Все операции по изготовлению корпуса можно видеть на **рис. 3.5.**

Есть несколько советов по доработке АС, но они идут вразрез с понятием экономии.

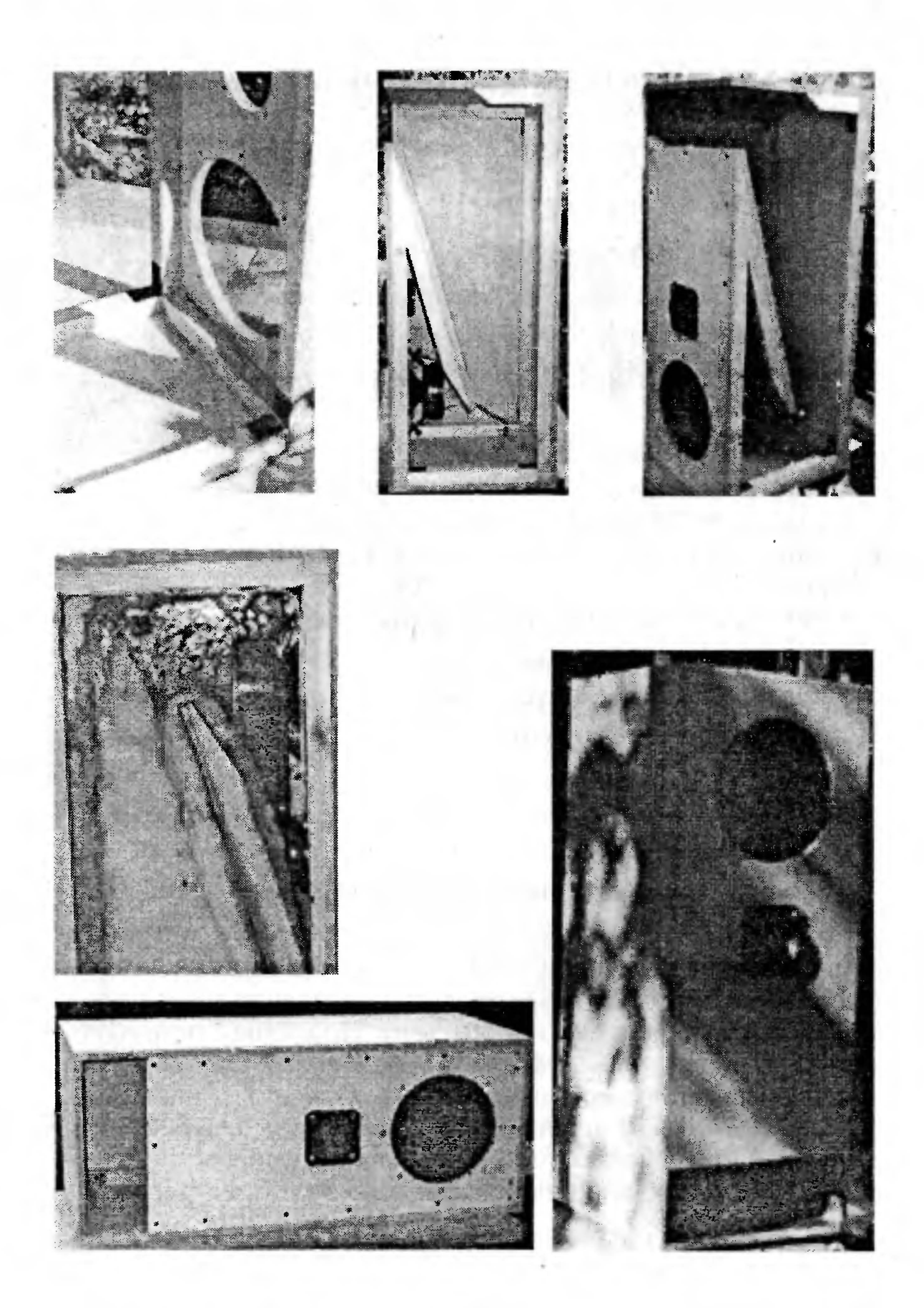


Рис. 3.5. *Процесс изготовления корпуса*

Совет 1: заменить динамики на более качественные, с похожими размерами и параметрами (в противном случае — выполнить расчет корпусов заново).

Совет 2: вместо автомастики можно использовать шумопоглощающие листы, которыми оклеивается вся внутренняя поверхность.

Совет 3: заказать изготовление корпуса в столярной/мебельной мастерской.

Совет 4: используя методику http://tqwp.narod.ru/Practik/doc1/doc1.htm, снизить резонансную частоту ГД и несколько уменьшить неравномерность ее АЧХ. Усилия не пропали даром — результат порадовал. Колонки на базе первой пары динамиков (50ГДШ-1 и 25ГДВ-23Д) можно порекомендовать для однотактных усилителей, а на второй (50ГДН-19Д и РТ35а) — для двухтактных.

В заключение **о финансовой стороне дела**: затраты на материал и детали составляют около 120 долларов на каждую колонку, не считая расхода электроэнергии и времени.

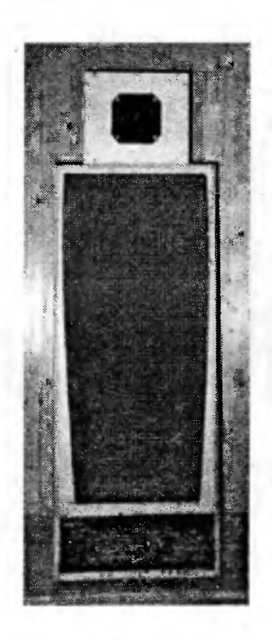


Рис. 3.6. *Готовая АС*

Расчет АС «Труба Войта»

Таблица 3.1

	ft/sec	in/sec
Speed of sound	**1129**	**13548**
TQWP Length	**1st**	**3rd**
30	112,9	338,7
31	109,3	327,8
32	105,8	317,5
33	102,6	307,9
34	99,6	298,9
35	96,8	290,3
36	94,1	282,3
37	91,5	274,6
38	89,1	267,4
39	86,8	260,5
40	84,7	254,0
41	82,6	247,8
42	80,6	241,9
43	78,8	236,3
44	77,0	230,9
45	75,3	225,8
46	73,6	220,9
47	72,1	216,2
48	70,6	211,7
49	69,1	207,4
50	67,7	203,2
51	66,4	199,2
52	65,1	195,4
53	63,9	191,7
54	62,7	188,2
55	61,6	184,7
56	60,5	181,4
57	59,4	178,3
58	58,4	175,2
59	57,4	172,2
60	56,5	169,4
61	55,5	166,6
62	54,6	163,9
63	53,8	161,3
64	52,9	158,8
65	52,1	156,3
66	51,3	154,0
67	50,6	151,7
68	49,8	149,4
69	49,1	147,3
70	48,4	145,2
71	47,7	143,1
72	47,0	141,1

Calculations per Weems
Change values in ***Blue***

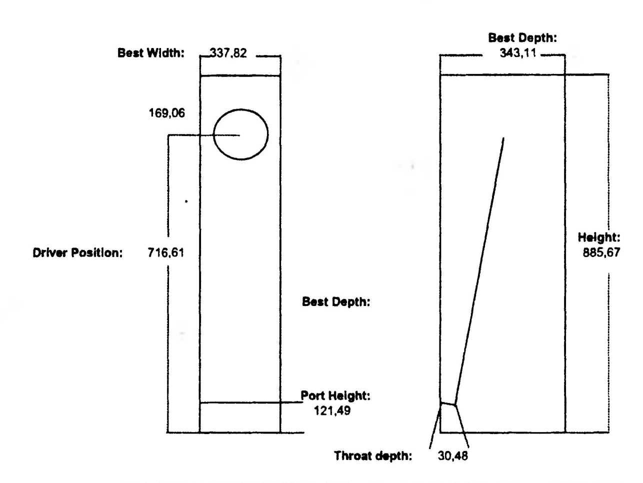
Nominal Driver Size:	***10,8*** in	
Free Air Resonance:	***57*** Hz	
Surround width:	***1,2*** in	
Throat depth:	***1,2*** in	
Effective Area:	63,62 in^2	
Best Mouth Area:	159,04 in^2	
Best Width:	13,30 in	
Best Depth:	13,51 in	

Smallest Enclosure

Height:	34,9 in	
Port Height:	4,8 in	
Volume:	4678,0 in^3	76,7 L
	2,71 ft^3	
Pipe Length:	65,4 in	
Throat Area:	16,0 in^2	
Mouth Area:	159,0 in^2	
Driver Position:	28,2 in	

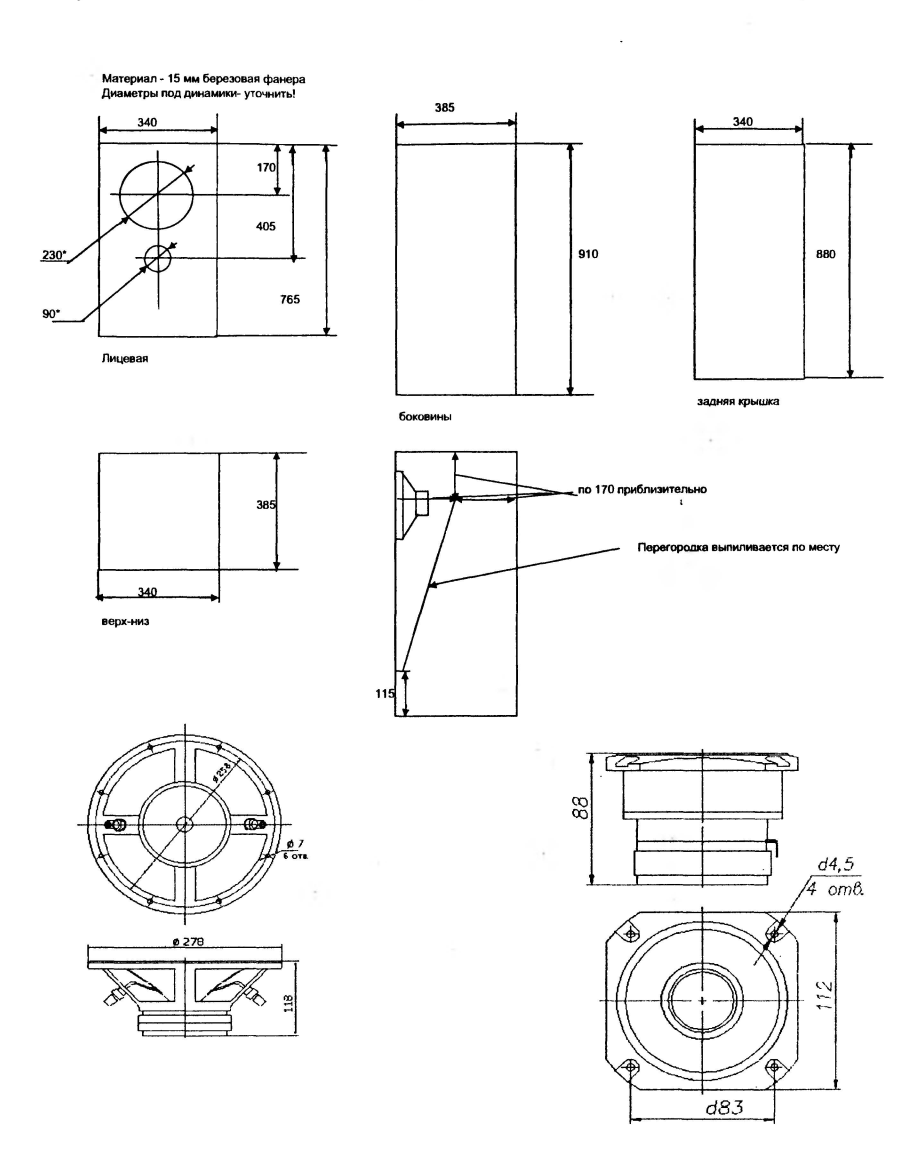
	Key Harmonics (Hz)		
1/4 Wavelength	**1st**	**3rd**	**5th**
59,42 in	57	171	285

Notes:
* This sheet calculates dimensions based primarily on Fs of driver used, which is obviously not ideal.
* Line tuning is set to Fs of driver to critically damp it at that frequency.
* Calculations assume use of .75" material for walls and interior baffle.
* Dimensions are internal.
* Height of intenal baffle should not extend more than the center point of the driver as mounted.
* This sheet is distributed free and is not to be used for commercial gain. If you alter it to make it more useful, or find errors, etc., please let me know!
* This sheet is not expected to give perfect results, but hopefully will be a good starting point



All dimensions are internal, *no consideration given for wall thickness.* Units are Millimeters. Not to scale, for illustration and clarification of calculated measurements only.

Angle of throat piece is to promote main wave of fundamental tuning frequncy. Since the TQWP is an oscillation horn, rather than compression, the point of maximum oscillation occurs at the port. This oscillation is what moves the air in the port. (per Rick Shultz's article on QW, SB #5, 1999)


Материал - 15 мм березовая фанера
Диаметры под динамики- уточнить!
340
170
405
765
230*
90*
Лицевая
385
910
боковины
340
880
задняя крышка
385
340
верх-низ
по 170 приблизительно
Перегородка выпиливается по месту
115
ø 7
6 отв.
ø 278
118
88
d4,5
4 отв.
112
d83

Дополнительная информация

Дополнительную информацию можно почерпнуть из следующих источников:

http://vlab.netsys.ru/forum/showthread.php?t=1665&page=1&pp=20
http://tqwp.narod.ru
http://narod.yandex.ru/100.xhtml?tqwp.narod.ru/soft/TQWP-rus1-3.zip

Ложка дегтя в бочке меда

И в заключение... ложка дегтя: помимо сторонников, у данного оформления имеются и противники. В качестве основного аргумента последние приводят сравнение отклика АС типа «Труба Войта» (**рис. 3.7**, нижний график) и АС типа «Закрытый ящик» (**рис. 3.7**, верхний график) на одиночный импульс. Как говорится: «Думайте сами, решайте сами...».

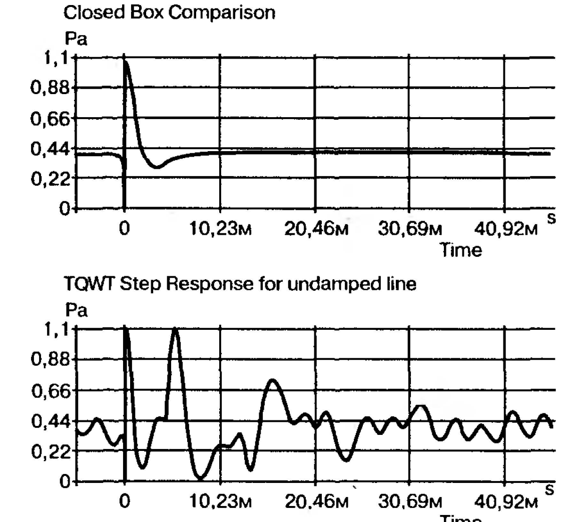


Рис. 3.7. *Отклик АС на единичный импульс*

3.3. Акустическая система «Обратный рупор»

Основная проблема многополосных АС и ее решение

Основной **проблемой** многополосных АС является согласование динамических головок (ГД) НЧ и ВЧ (либо НЧ-СЧ-ВЧ):

- выбор частоты раздела;
- согласование чувствительности;
- расчет разделительных фильтров;
- определение взаимного расположения головок, обеспечивающего оптимальные фазовые характеристики.

Альтернативный вариант — использование одной широкополосной ГД — также не лишен недостатков, основным из которых является спад АЧХ на краях частотного диапазона. И если проблема нехватки на самом верху ВЧ-области (свыше 16—18 кГц) решается параллельным (основной ГД) включением т.н. **супертвитера** (ВЧ-головки, уверенно воспроизводящей диапазон частот 16—25 кГц) через конденсатор (фильтр первого порядка), то ситуация в НЧ-области значительно сложнее. Из прямолинейных методов подойдет, пожалуй, установка двух (и даже более) ГД в одном корпусе — простейший способ снижения нижней граничной частоты вдвое. Однако, принимая во внимание высокую стоимость качественных ГД, такой вариант нежелателен; тем более, не существует головок с абсолютно идентичными параметрами.

Авторы решили проблему повышения отдачи АС в НЧ-области, используя акустическое оформление **«Обратный рупор»**. Изготовление АС следует начинать с выбора ГД, прежде всего, руководствуясь финансовыми соображениями: пара высококачественных широкополосных головок (нередко вкупе с парой супертвитеров) обычно составляет более половины расходов.

FOSTEX

FULL RANGE SPEAKER UNIT

FE206E

Features

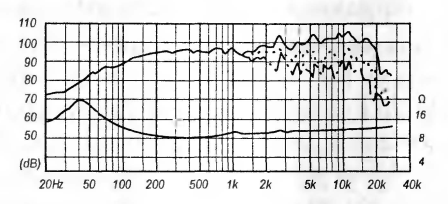
- 'ES cone' paper made of banana plant's fiber
- ø 110mm large ferrite magnet
- Newly designed center cap

Specifications & Thiele/Small Parameters

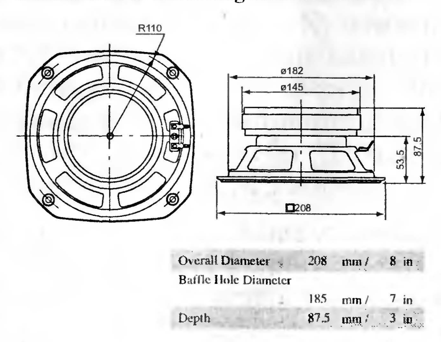
Size	:	200	mm /	8	in
Voice Coil Diameter	:	35	mm /	1.4	in
Cast / Stamped	:	Stamped			
Impedance	:	8	Ω		
Reproduction Frequency Response	:	f0 - 20	kHz		
Sound Pressure Level	:	96	dB/W(m)		
Rated Input	:	30	W		
Music Power	:	90	W		
Magnet Material	:	Ferrite			
Magnet Weight (main)	:	1,067	g /	2.352	lb
Magnet Weight (cancel)	:	n/a	g /	n/a	lb
Net Weight		3,350	g /	7.385	lb

a :	81 mm
D :	162 mm
Sd :	0.02061 m²
Zn :	8 Ω
Fs :	39 Hz
Re :	6.69 Ω
Le :	n/a mH
Qms :	3.73
Qes :	0.18
Qts :	0.18
Mms :	15.35 g
BL :	11.82 Telsa/m
Vas :	54.53 L
Xmax :	1.5 mm
Eff/η0 :	1.73 %
Cms :	0.00091 mm/N
EBP :	217

Frequency Response / Impedance

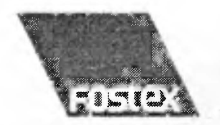


Dimensions & Mounting Information



Overall Diameter	:	208	mm /	8	in
Baffle Hole Diameter	:	185	mm /	7	in
Depth		87.5	mm /	3	in

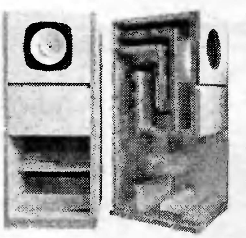
Рис. 3.8. *Фирменная инструкция. Паспорт на ДГ*



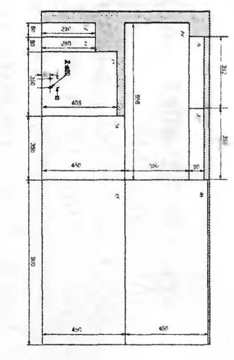
RECOMMENDED ENCLOSURE

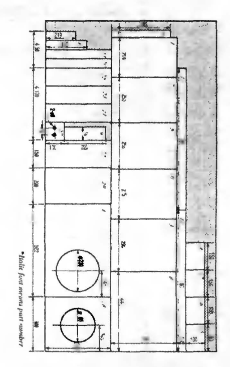
FE206E

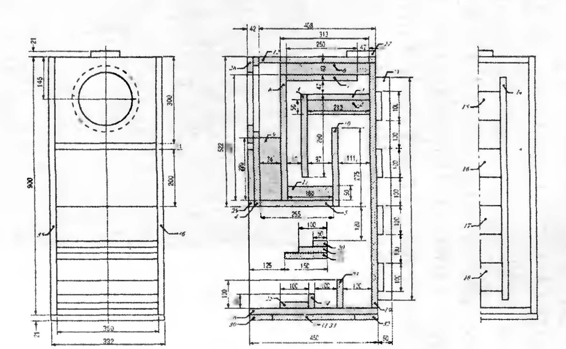
Recommended Back Loaded Horn Type Enclosure

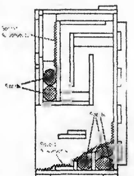


- This example shows a 'back loaded horn' type enclosure for FE206E.
- FE206E's magnetic circuit with ø146mm large ferrite magnet provides sharper resonance and makes the unit suitable for a back loaded horn type enclosure.
- 21mm thick plywood is used for main section and side panels to ensure a strong enclosure.
- Two way system using super tweeter T90A is also recommended.









- This example has sufficient internal volume. However, if you prefer 'tighter' sound reproduction, you can reduce airspace using sands or other fill material.
- Placing thin sound absorbent material as shown enable reduction of peaks & dips around 150 to 400Hz band width. However, it may reduce transient response. You should adjust it to your taste.
- In order to avoid unwanted mid/high frequency dispersion of the horn, we recommend damping the enclosure with filler and sound absorption material.

- FE206E is designed for use in a back loaded horn type enclosure and it is generally unsuitable for bass reflex because of its over damping sound characteristics. However, it is possible to use the FE206E in a bass reflex enclosure as shown.
- This example is a narrow and tall style bass reflex type enclosure. Internal volume of 45 liters tuned to approximately 50Hz (Fb).
- Low frequency response from around 120Hz is gently damped with a controlled peak at 50 - 60Hz.

Bass Reflex Type Enclosure

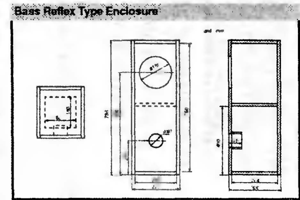


Рис. 3.9. *Фирменная инструкция. Рекомендованное акустическое оформление*

Параметры

С технической точки зрения, если отсутствуют рекомендации производителя по типу акустического оформления, подходящим считается ГД, отвечающая критерию: Fs/Qts>140, где **Fs — резонансная частота, Qts — полная добротность** головки. Указанные параметры обычно приводятся в паспорте на ГД, а в его отсутствие — измеряются (оптимальный вариант) по следующим методикам:

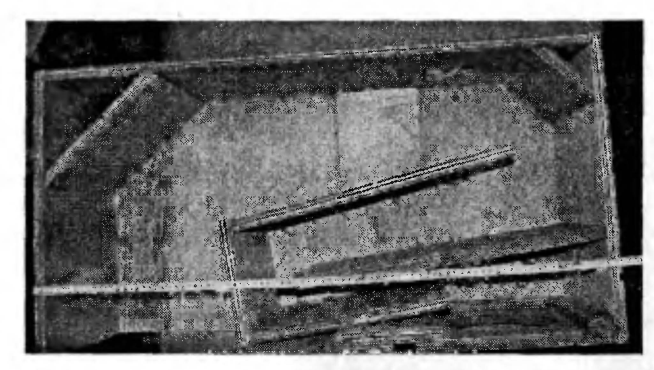
http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsm.htm

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsp.htm
http://sound.westhost.com/tsp.htm

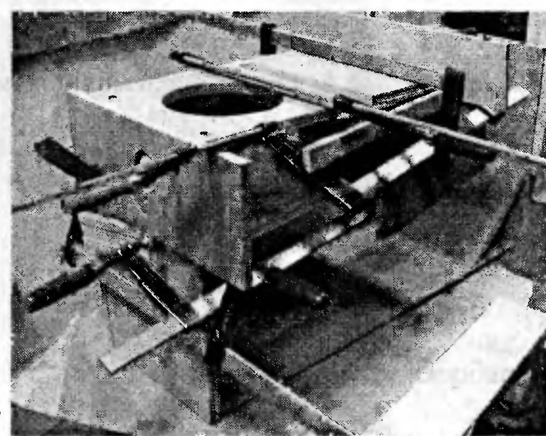
Авторы выбрали широкополосную головку **FE-206E фирмы Fostex (Япония)** как оптимальную по соотношению «цена/качество». Стоимость пары в Москве —258 долларов (www.kogerer.ru). Фирменная инструкция (**рис. 3.8** и **рис. 3.9**) оставляет двоякое впечатление. С одной стороны, указаны все основные параметры Тиля—Смолла, АЧХ и необходимые размеры для установки головок, с другой — приводя подробный, со схемой раскроя фанерного листа, пример реализации оформления «Обратный рупор», разработчики параллельно рассматривают фазоинвертор. Более того, «Обратный рупор» (**рис. 3.9**) по характеру раскрыва напоминает тип оформления **«Трансмиссионная линия»**, поэтому авторы выбрали другой вариант: **BK-20**.



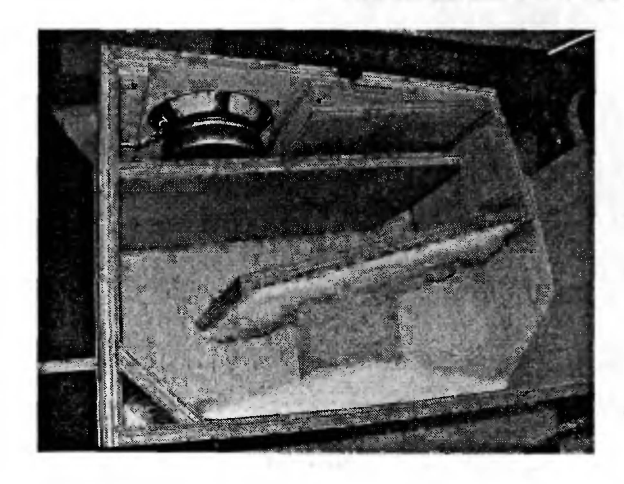
Рис. 3.10. *Упаковка*



а — все детали на месте



б — процесс сборки



в — демпфирование синтепоном

Рис. 3.11. *Сборка корпуса*

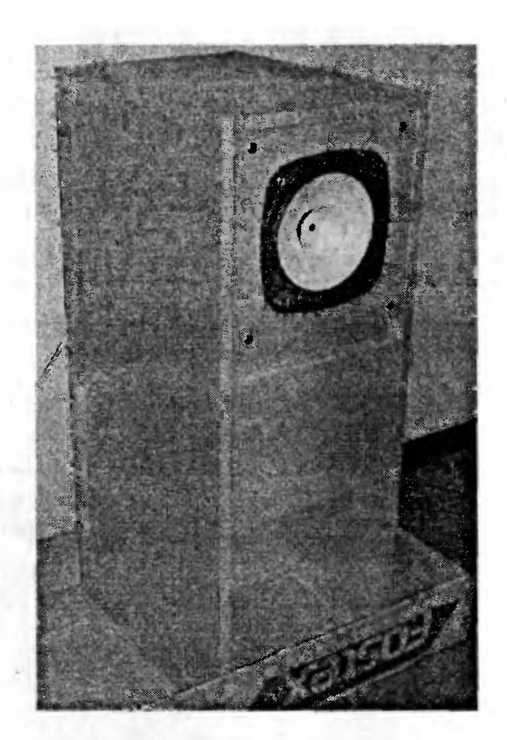


Рис. 3.12. *Корпус собран. На боковой стенке видны головки шурупов*

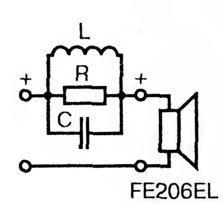


Рис. 3.13. *Режекторный фильтр. Схема*

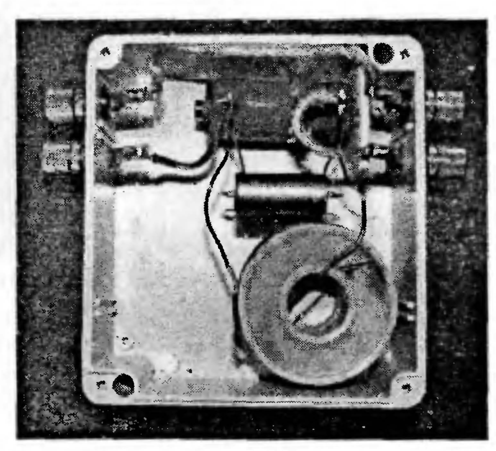


Рис. 3.14. *Режекторный фильтр. Конструкция*

Вариант ВК-20

Эта модель представляет собой фирменный набор фанерных панелей производства Fostex (**рис. 3.10**).

При сборке корпуса не следует забывать про демпфирование (**рис. 3.11.*в***): авторы использовали синтепон и вибропласт.

Прослушивание показало, что, подобно большинству широкополосных головок, у **FE-206E** ярко выражен **эффект «длинного горла»** — выпячивание СЧ-диапазона. Для его подавления были изготовлены **режекторные фильтры** (**рис. 3.13 и рис. 3.14**). Номиналы элементов на схеме (**рис. 3.13**): 1 мГн, 20 Ом, 2,4 мкФ.

После заделки отверстий (оставшихся на боковых стенках от шурупов-саморезов) шпоном, корпус был покрыт лаком, после чего АС приобрели окончательный внешний вид (**рис. 3.15**).



Рис. 3.15. *Готовые АС*

Для желающих повторить эту конструкцию приведем чертежи (**рис. 3.16**, **рис. 3.17** и **рис. 3.18**), которые помогут вам сэкономить приличную сумму денег. Ведь цена оригинальных наборов — 786 долларов/пара; в случае использования ДСП потребуется сумма 70—80 долларов, включая раскройку на пилораме. Толщина всех деталей — 18 мм.

Внимание! ***Авторы рекомендуют предварительно проверить достоверность указанной информации, т.к., в силу ряда причин, измерения производились на готовых корпусах.***

Другие конструкции АС доступны на сайте
http://www.metaleater.narod.ru/r_acoust.html

Прежде чем приобрести ВК-20, авторы построили макет на основе проекта **«Jeriko Horn»**: http://www.plasmatweeter.de/jericho.htm — затраты на изготовление пары таких корпусов (из ДСП, 16 мм) составили указанную сумму. Кстати, «Jeriko Horn» обладает бОльшими габаритами; фотографии авторского варианта:

http://www.metaleater.narod.ru/ls2061.jpg

http://www.metaleater.narod.ru/ls206.jpg

http://www.metaleater.narod.ru/ls2060.jpg

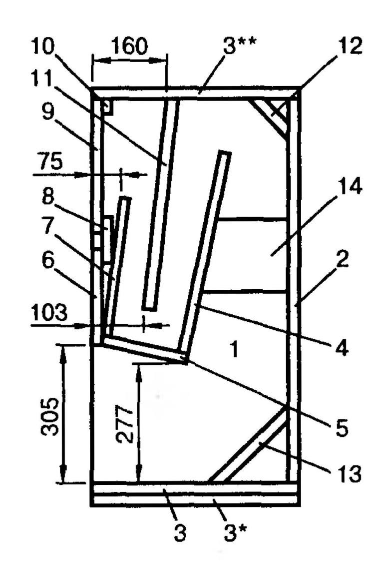


Рис. 3.16. *Сборочный чертеж*

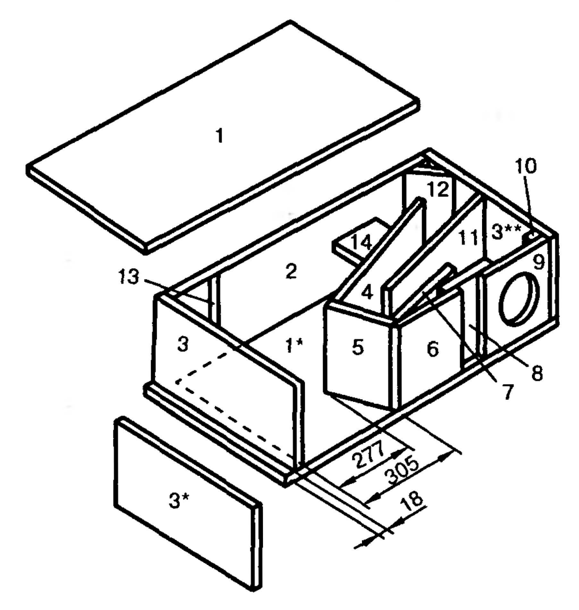


Рис. 3.17. *Сборочный чертеж (окончание)*

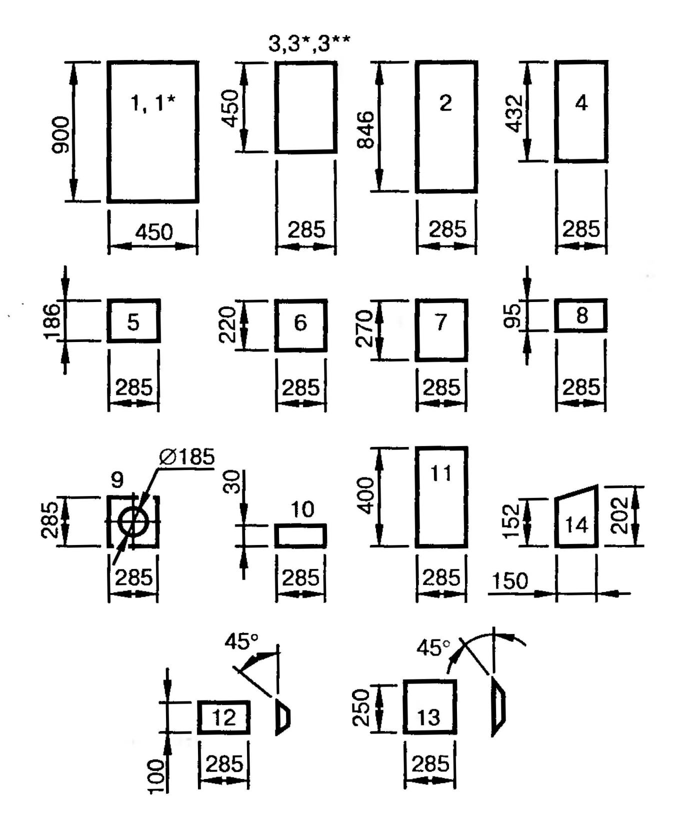


Рис. 3.18. *Детали корпуса*

Глава 4

Вместо заключения: Quo vadis?

В данной главе авторы предлагают пути дальнейшего совершенствования аудиосистемы. Диапазон рекомендаций весьма широк: от общих советов — например, приобретать качественные носители, до практических — конструкции межкаскадного трансформатора «Tango NC-20» и схемотехники усилителей Сакумы, от обзора рынка радиоламп — до чертежей ящика для хранения грампластинок.

Последовательность повествования остается прежней: источник-усилитель-акустическая система.

Пути дальнейшего усовершенствования

Итак, **система собрана...** Можно просто слушать музыку либо пойти по пути дальнейшего усовершенствования компонентов.

Как уже упоминалось, идеальной аппаратуры не существует. Теоретически улучшить можно любой компонент системы. **На практике** ситуация сложнее: обычно финансы не позволяют сразу построить систему на базе комплектующих высочайшего качества (и, разумеется, соответствующей стоимости). Приходится распределять имеющиеся средства между компонентами системы. **Возникает вопрос**: в какой пропорции? Если судить по «аудиофильским» форумам сети Интернет, то мнения разошлись: есть сторонники вложения большей части средств в АС, есть и те, кто считает «главным» компонентом системы усилитель, кто-то предпочитает источник и т.д.

Отдельно стоит отметить апологетов акустического, межблочного и даже сетевого кабеля. В ходу и совсем **эзотерические аксессуары**: подставки под кабель, «гармонизаторы» и т.п. Понимая, что за всеми предпочтениями стоят определенные аргументы, пусть не всегда и не всем понятные (но очень часто являющиеся маркетинговыми ходами), авторы книги предлагают начинать «Ab ovo» — **с приобретения качественных носителей.** Логика проста: задача всех компонентов системы — донести до слушателя музыкальный материал, записанный на носителе.

Последовательность повествования остается прежней: **источник—усилитель—акустическая система**. Авторы рекомендуют следующие шаги.

Шаг первый

Советуем приобретать грампластинки и компакт-диски высокого качества, тем более, что предлагаемая система (даже в своем базовом варианте) подчеркнет как достоинства, так и недостатки носителя.

Один **совет**: не спешить с выбором. Перед покупкой заветной грампластинки (компакт-диска) полезно поинтересоваться качеством записи конкретного издания (а оно может заметно различаться) на соответствующих форумах — обычно подавляющее большинство участников (за исключением нескольких маргиналов) сходятся во мнении. Возможно, диск, выбранный таким способом, вам не понравится, но не стоит переживать.

Во-первых, качество вашей системы может (пока) не соответствовать уровню носителя. Проверить это несложно: напроситесь в гости к одному из тех, кто посоветовал вам данный диск.

Во-вторых, ваш вкус может оказаться отличным от большинства — ориентируйтесь в дальнейшем на советы тех, кто оказался в меньшинстве.

Не доверяйте стереотипам: вопреки мнению отдельных «экспертов», встречаются прекрасно записанные грампластинки фирмы «Мелодия» и отвратительно записанные английские, американские и японские. Случались и курьезы — лицензионная «Мелодия» звучала лучше оригинала!

Несколько слов **о политике ценообразования**: с новыми пластинками все понятно — цены на них можно посмотреть на сайтах магазинов и (или) фирм-производителей. С подержанными пластинками ситуация сложнее. Начинающим аудиофилам следует остерегаться подержанных грампластинок. Цена определяется по результату торгов на аукционах (www.eBay.com и т.п.) либо по каталогам крупных Интернет-магазинов (http://www.vintagevinyl.com/, http://www.all-vinyl.com/ и т.п.) и зависит от ряда факторов:

- тиража;
- номера тиража в рамках данного издания;
- состояния;
- фирмы-производителя.

Очевидно, что наиболее ценен диск, выпущенный малым тиражом, «первого пресса» (т.е. первый тираж данного издания), «культовой» фирмой грамзаписи и находящийся в идеальном состоянии. Для оценки состояния грампластинок существует **несколько классификаций**. Приведем в качестве

примера английскую классификацию, получившую распространение и в России.

MINT (идеальное состояние, пластинка ни разу не проигрывалась) — состояние, в котором грампластинка покинула завод-изготовитель, а именно — абсолютно чистая поверхность, обложка не имеет никаких изломов, разрывов и других дефектов. Цена может превышать номинальную в несколько раз. Сокращенное обозначение — **M.**

EXCELLENT (отличное состояние) — состояние, близкое к MINT, но пластинку могли проигрывать, хотя и не более 2—3 раз: абсолютно чистая поверхность, обложка не имеет никаких изломов, разрывов и других дефектов. Цена выше номинальной. Сокращенное обозначение — **E.**

VERY GOOD (очень хорошее состояние) — состояние, близкое к состоянию EXCELELLENT, но пластинку могли проигрывать более 2—3 раз, однако никаких дефектов при ее прослушивании не обнаруживается: на грампластинке могут иметься незначительные поверхностные ссадины, обложка имеет незначительные изломы, которые, однако, практически не портят ее внешний вид. **Цена равна номинальной. Именно такое состояние подразумевается в каталогах и прайс-листах, если не оговорено иное.** Сокращенное обозначение — **VG.**

GOOD (хорошее состояние) — состояние, при котором заметно, что пластинку проигрывали большое количество раз: на поверхности имеются ссадины, а также поверхностные царапины, которые при проигрывании издают щелчки, а также можно слышать эффект «песочка»; обложка может иметь значительные изломы, разрывы, но в целом ясно можно определить, какому исполнителю она принадлежит. Цена составляет 60—75% от номинальной. Сокращенное обозначение — **G.**

FAIR (удовлетворительное состояние) — состояние, близкое к состоянию GOOD, хотя заметно, что пластинку проигрывали много раз: большое количество ссадин и царапин, неоднократные щелчки при проигрывании, ярко выраженный эффект «песочка», который местами переходит в откровенный треск; обложка измята в нескольких местах, имеются значительные разрывы, прорехи в верхней, нижней и боковой

частях. Цена составляет 40—50% от номинальной. Сокращенное обозначение — **F**.

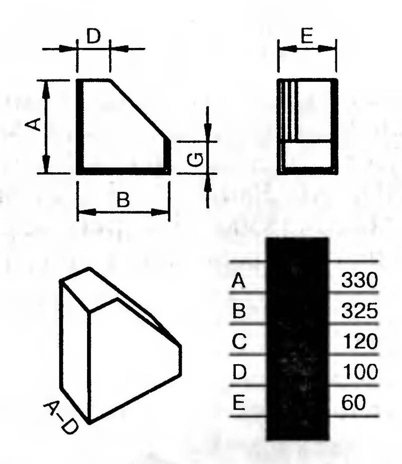
POOR (плохое состояние) — состояние, при котором пластинку не только не хочется слушать, но даже не хочется на нее смотреть: ссадины и царапины покрывают поверхность пластинки сплошной паутиной. Если вы все же отважитесь ее прослушать, то сквозь неимоверный треск может быть пробьется музыка; обложка, если она есть, разорвана и очень потерта. Цена составляет 20—25% от номинальной. Сокращенное обозначение — **P**.

BAD (очень плохое состояние) — состояние, хуже которого не бывает. Цена составляет 5—10% от номинальной цены. Сокращенное обозначение — **B**.

Примечание. ***Как правило, состояние диска и обложки (конверта) оценивают раздельно.***

Рассмотрим варианты обозначений. **M/ VG** (слева от черты — состояние пластинки, справа — обложки). В США нередко используют термин **STILL SEALED (S/S)** — т.е. диск все еще запечатан. Некоторые продавцы используют промежуточные градации, например **M–/ VG+** и даже: **M– –/ VG++.** Также встречается обозначение **NM (NEAR MINT)** — состояние, близкое к **M**.

Внимание! ***Вопреки стереотипу, игла головки звукоснимателя практически не причиняет вреда грампластинке, которую можно проигрывать сотни раз без заметной потери качества (разумеется, при корректной настройке геометрии и установке прижимной силы).*** **Наиболее опасны следующие факторы:** *пыль, перепад температур, механические воздействия.* ***Соответственно, диск должен храниться в бумажном (оптимальный вариант) или целлофановом пакете и бумажном конверте (обложке).*** **Положение дисков при хранении —** ***вертикальное, иначе неизбежно коробление, существенно ухудшающее качество воспроизведения; более того, покоробленные диски могут повредить иглу головки звукоснимателя. Авторы рекомендуют хранить грампластинки в специальных ящиках, которые можно изготовить самостоятельно*** **(рис. 4.1 *и* рис. 4.2).**



Размеры указаны для ящика, вмещающего
15 долгоиграющих (LP, 12") грампластинок

Рис. 4.1. *Ящик для хранения пластинок (чертеж) [3]*

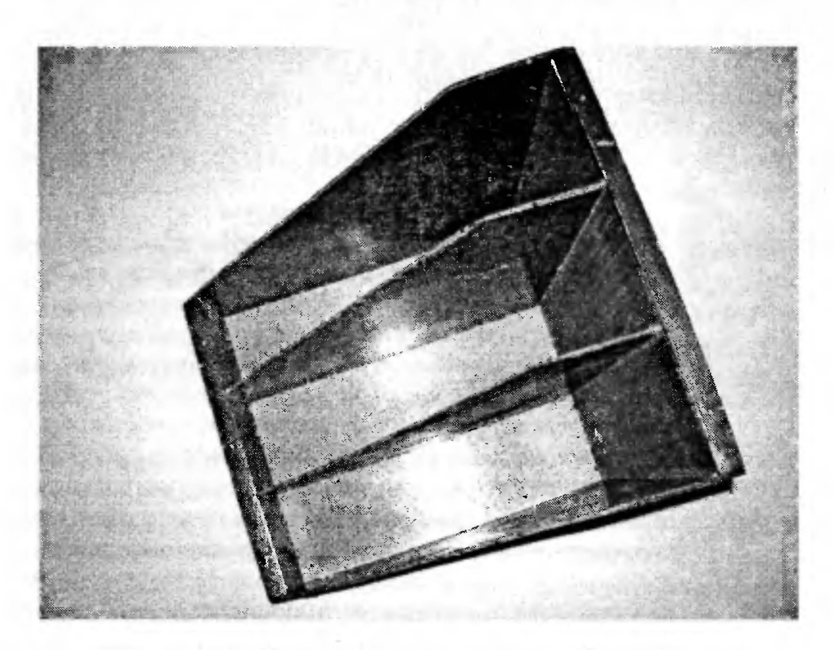


Рис. 4.2. *Ящик для хранения пластинок (готовая конструкция)*

Шаг второй

Применить MC-головку; в случае проигрывателя на базе «G-600B», обладающего тяжелым тонармом, оптимальный вариант — DENON DL-103 ($200, **рис. 4.3**) совместно с трансформатором DENON **AU-300LC** ($100—120, **рис. 4.4**) или, что лучше, DENON AU-320 ($300—350, **рис. 4.5**). Указанные изделия построены на базе трансформаторов TAMURA.



Рис. 4.3. *Головка DENON DL-103*

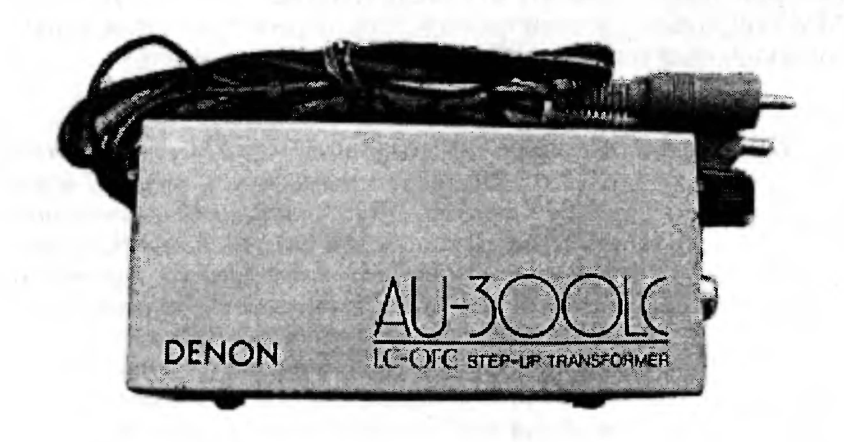


Рис. 4.4. *Трансформатор DENON* AU-300LC

Отметим, что на аудиофильских форумах нередко критикуют современную продукцию DENON, отдавая предпочтение «винтажной».



Рис. 4.5. Трансформатор DENON AU-320

Следует понимать, что переход на МС-головку потребует замены части носителей (грампластинок), поскольку такие головки подчеркивают все мельчайшие, недоступные для ММ-собратьев, детали записи: посредственно записанный музыкальный материал будет откровенно утомлять.

Примечание. ***Интерес к тяжелым тонармам и головкам DENON DL-103 и DL-102 (монофонический вариант) возродился в середине 1990-х стараниями знаменитого японского самодельщика Сакумы. Кстати, Сакума сознательно использует монофоническое звуковоспроизведение как наиболее естественное с точки зрения музыкантов! Еще один интересный момент: ввиду отсутствия тяжелых тонармов (речь также идет о 1990-х), аудиофилам приходилось искусственно утяжелять имеющиеся легкие тонармы (разумеется, понятие масса тонарма означает «масса тонарма, приведенная к кончику иглы», поэтому утяжелять тонарм следует в области шелла).***

Для своей аудиосистемы Сакума изготовил тонарм с т.н. **вязким демпфированием**, аналогичный винтажному GRACE (**рис. 4.6**), но отличающийся большей длиной и, как следствие, меньшими искажениями (**рис. 4.7**).



Рис. 4.6. *Тонарм* GRACE

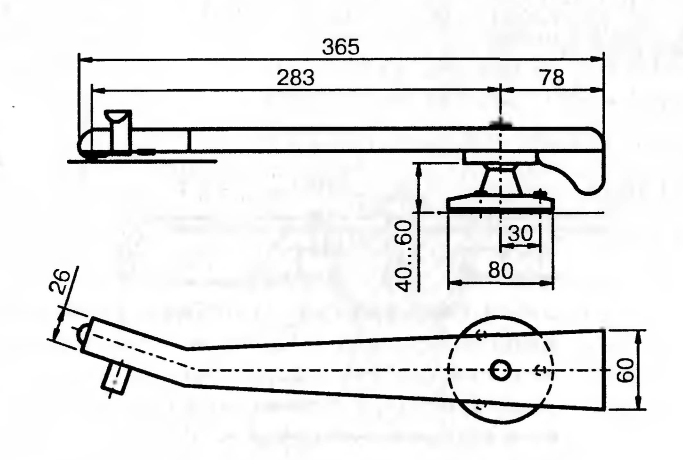


Рис. 4.7. *Тонарм Сакумы*

«Вязкое демпфирование» заключается в демпфировании вертикальных колебаний тонарма. Конструктивно подвес такого тонарма выглядит, как показано на **рис. 4.8**.

Основание представляет собой полусферическую чашу, в центре которой вертикально закреплен металлический стержень с коническим твердосплавным (либо корундовым) наконечником. В чашу заливают «силиконовое масло» (кремнийорганическую жидкость ПСМ). Рукав тонарма в районе подвеса также имеет полусферическую накладку несколько меньшего радиуса, чем чаша основания. Объем масла выбирается таким, чтобы заполнить образованный полусферами зазор.

В центре верхней полусферы имеется вертикальное сквозное отверстие с нарезанной резьбой, в которое вкручен винт, упирающийся снизу (нижняя торцевая часть винта имеет выемку конической формы) в наконечник основания. С помощью винта можно регулировать высоту тонарма над поверхностью грампластинки и, соответственно, прижимную силу. У таких тонармов есть **два серьезных недостатка**: *большое сопротивление среды в горизонтальной плоскости и отсутствие антискейтинга*. Однако для монофонии антискейтинг (напомним, что Сакума предпочитает именно монофонию) не требуется, а недостатки имеются у тонармов всех разновидностей.

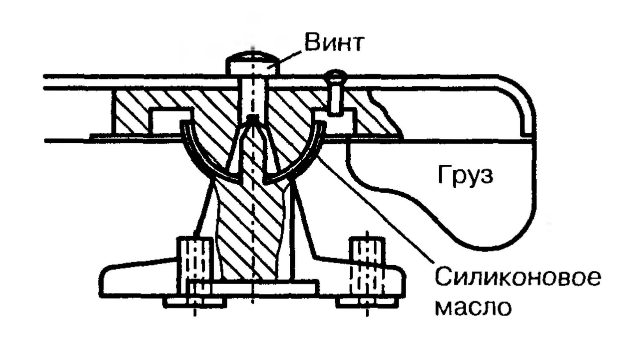


Рис. 4.8. *Конструкция тонарма с вязким демпфированием*

Шаг третий

Для корректоров (и усилителей) приобрести лампы, наилучшие из тех, что вы в состоянии себе позволить. Приведем ссылки на сайты фирм, торгующих электронными лампами:

http://www.elsib.bratsk.net/;

http://www.svetlana-mvsz.com/;

http://www.goldenmiddle.com/russian/tube.htm;

http://www.tubes.spb.ru/;

http://tubes.ru/;

http://tubes4audio.com/;

http://audioinstr.h1.ru/lamp/lamp.htm;

http://www.thetubesto;

http://www.vacuumtube.com/tubes.htm;

http://www.tubeampdoctor.com/.

Шаг четвертый

Уделить особое внимание **качеству разделительных конденсаторов** (из отечественных стоит остановиться на ФТ, ССГ, КСО; из импортных — JENSEN, WIMA) во всех компонентах системы, а по возможности, использовать **трансформаторные каскады.** Последние получили распространение в конце прошлого века, благодаря японским разработчикам, прежде всего … Сакуме. Один из усилителей Сакумы представлен на **рис. 4.9** и **рис. 4.10.**

Данная модель включает в себя винил-корректор (с МС-входом) и усилитель мощности. Его основная особенность — использование трансформаторов в каждом каскаде. **Цепь коррекции** — нестандартная (соответствует звуковым предпочтениям разработчика, а не стандарту RIAA), RLC-типа. Все моточные изделия выполнены японской фирмой TAMURA, а фазоинверсный STU — по индивидуальному заказу Сакумы. Они являются эталоном качества.

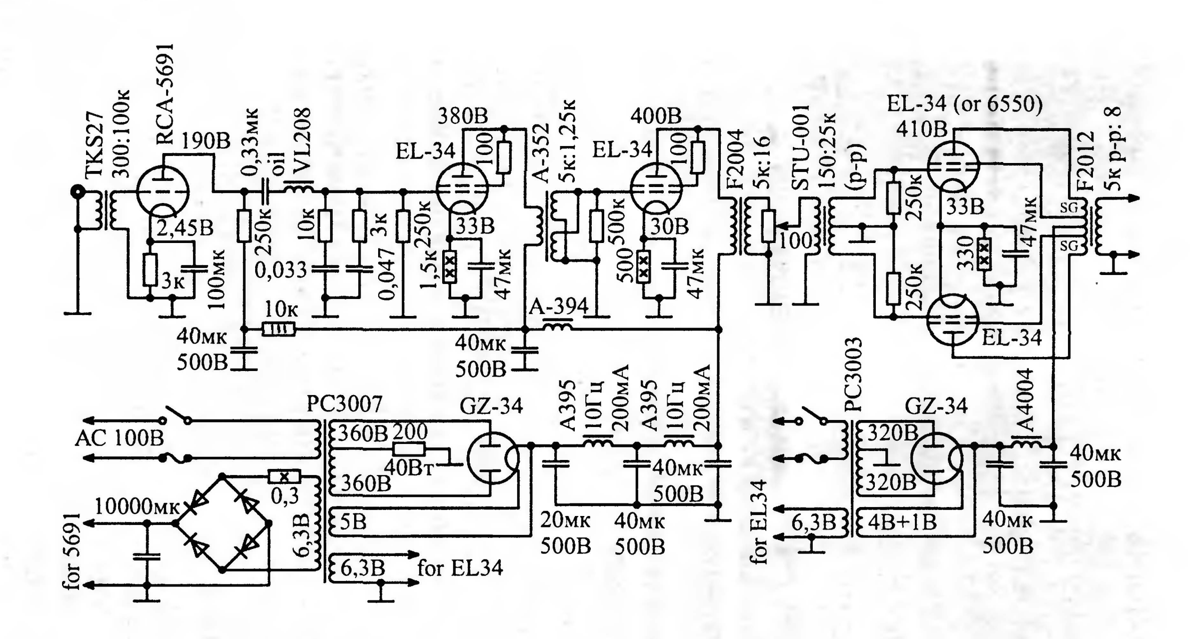


Рис. 4.9. Усилитель Сакумы (принципиальная схема)

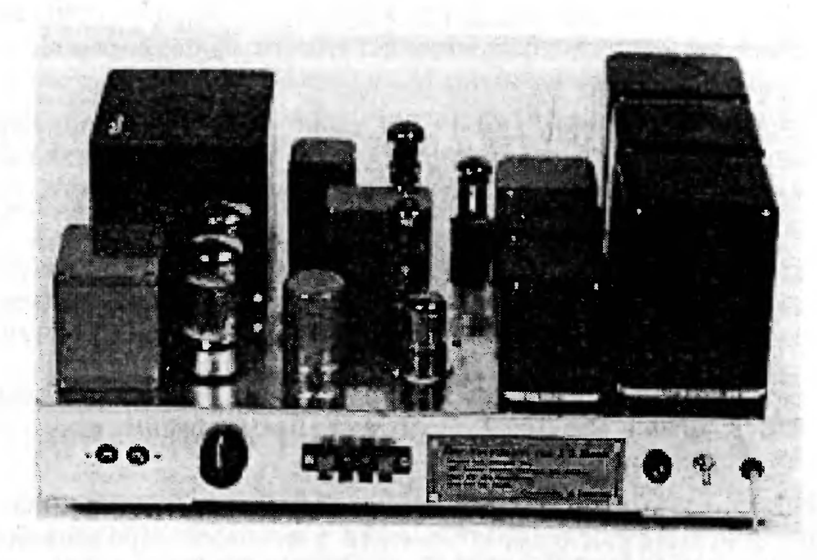


Рис. 4.10. Усилитель Сакумы (готовая конструкция)

Можно порекомендовать и **трансформаторы TANGO** (японской фирмы ISO). Основным **недостатком** трансформаторных каскадов является высокая себестоимость: у рассмотренного выше усилителя составляет несколько тысяч долларов (за один канал!).

Подобные расходы по карману немногим, но расстраиваться не следует — изготовление высококачественного межкаскадного трансформатора вполне по силам российскому радиолюбителю.

Примеры расчета, изготовления и использование таких трансформаторов можно почерпнуть из следующих источников.

Сайт Сергея Рубцова: http://book.by.ru/cgi/view?book=guestbook-shemki&p=5 —полезные схемы, описания конструкций трансформаторов.

Сайт Натальи Хральцовой: http://www.audioworld.ru/DIY/Dop/trans_02.html — статья Игоря Демченкова, посвященная вопросам выбора материала сердечников.

http://www.audioworld.ru/DIY/Dop/trans_01.html — один из вариантов конструкции межкаскадного трансформатора. Разработчик — Константин Наседкин.

http://www.audioworld.ru/DIY/Tubes/ampl_15.html — пример изготовления всех моточных изделий (включая межкаскадные трансформаторы) однотактного стереоусилителя. Разработчик — Игорь Демченков.

Авторы данной книги, изучив множество конструкций межкаскадных трансформаторов, обратили внимание на **интересную деталь**: при всем многообразии технических решений, трансформаторы легко классифицировать по методу секционирования обмоток. Таких методов всего два: **«западный»** и **«восточный»**. Разумеется, это условные термины, искусственно введенные авторами книги.

Напомним, что термин **«секционирование»** представляет собой описание последовательности взаимного чередования частей первичной и вторичной обмоток трансформатора. Поясним это на простом примере — **силовом трансформаторе**. Допустим, трансформатор имеет одну первичную (сетевую) — **«а»** и одну вторичную — **«б»** обмотки. В случае, когда вторичная обмотка целиком (т.е. состоит из одной секции) располагается над первичной (также намотанной целиком), описание способа секционирования принимает вид **1а—1б**.

Такой способ неприменим для звуковых трансформаторов, т.к. характеризуется очень большой величиной индуктивности рассеяния. Она обусловлена взаимодействием магнитных полей обмоток вне магнитопровода — параметра паразитного, приводящего к снижению верхней граничной частоты. Чтобы снизить величину индуктивности рассеяния, необходимо применить более сложное секционирование, например, «западный» метод:

- разделить первичную обмотку на три части: в первой и третьей расположить по одной четверти, а во второй — половину витков (от общего числа в первичной обмотке);
- разделить вторичную обмотку на две равных части;

- оптимальной (с точки зрения величины индуктивности рассеяния) является последовательность намотки: **1а—1б—2а—1б—1а**.

Вместо секций удобно использовать количество полных слоев провода.

Пример: пусть в первичной обмотке 16 слоев провода, а во вторичной — 2 слоя, тогда: **4—1—8—1—4**. Поскольку первой может наматываться и секция вторичной обмотки, то необходимо либо указывать номер обмотки (а, б): **4а—1б—8а—1б—4а**, либо оговаривать отдельно: **4—1—8—1—4** (первая секция соответствует первичной обмотке). Иногда секционирование указывают отдельно для каждой обмотки — первичная: **4—8—4**, вторичная: **1—1**.

Увеличение количества секций, особенно, сопровождаемое увеличением (обычно, двукратным) числа слоев в секции (по мере движения от краев катушки к центру), приводит к существенному снижению индуктивности рассеяния. Увлекаться секционированием не следует — увеличение числа секций приведет к росту другого паразитного параметра — **межвитковой емкости**, также снижающей верхнюю граничную частоту. Обычно рекомендуется применять не более 9 секций.

Рассмотрим «восточный» метод на примере конструкции межкаскадного трансформатора TANGO NC-20. Информация получена из разрозненных источников в сети Интернет, носит неофициальный характер, полная достоверность не гарантируется!

- Размер сердечника — ШЛ24×30 (указан ближайший российский типоразмер).
- Материал сердечника — **Z11** (японский аналог американской **М4**, может отличаться от последней типом и долей легирующих элементов).
- Зазор — 0,05 мм (предположительная величина).
- Общее количество секций — 32: 16 — первичной и 16 — вторичной; каждая секция содержит один слой провода.

- Секционирование: **1—1—1—...—1—1**; первой наматывается секция первичной обмотки. **Направление намотки меняется с каждым слоем (секцией)**, последовательность такова: первая секция первичной обмотки (наматывается слева направо), межслойная изоляция, первая секция вторичной обмотки (наматывается справа налево), межслойная изоляция, вторая секция первичной обмотки (наматывается слева направо), межслойная изоляция, вторая секция вторичной обмотки (наматывается справа налево) и т.д.

Данный метод позволяет существенно снизить межвитковую емкость, несмотря на очень большое количество секций, что, в свою очередь, минимизирует индуктивность рассеяния!

- Провод — 0,18 мм (по меди), в лаковой изоляции; число витков в слое — 200—220.
- Межслойная изоляция — тонкая бумага (нечто среднее между конденсаторной бумагой и чертежной калькой; предположительная толщина 70—200 мкм).
- Намотанная катушка проварена в смоле, напоминающей по консистенции садовый вар, битум.

После окончания намотки производится **коммутация** — все секции первичной обмотки соединяются последовательно: конец первой секции соединяется с началом второй, конец второй — с началом третьей и т.д. Вторичная обмотка коммутируется аналогичным образом.

Любопытный момент: японские фирмы обычно используют «восточный», а европейские (в том числе российские, а ранее и советские) и американские — «западный». Это и послужило поводом для использования «географической» терминологии. Чем вызвано столь принципиальное различие? Наиболее вероятными представляются две причины.

Во-первых, более высокое качество материала, применяемого в японских сердечниках. Это позволяет обойтись меньшим количеством витков для обеспечения индуктивности первичной обмотки на уровне, гарантирующем требуемое значение нижней граничной частоты. Таким образом, на первый план выходила проблема снижения индуктивности рассеяния и межвитковой емкости. Западным разработчикам приходилось

«воевать на два фронта», обеспечивая должную величину индуктивности первичной обмотки при минимальной индуктивности рассеяния. Разрешить это противоречие удавалось за счет увеличения числа витков (либо сечения сердечника) и секционирования обмоток. Общее количество секций — до 9 шт. — было выбрано как обеспечивающее разумный компромисс между значениями индуктивности рассеяния и межвитковой емкости. Последнюю снижали также за счет применения межслойной (межсекционной) изоляции большой толщины. Данную версию подтверждают результаты измерений параметров сердечника TANGO NC-20 и некоторых других магнитопроводов (**рис. 4.11**), выполненных Евгением Васильченко (http://charmel.chat.ru/index.html).

Во-вторых, сообразно своему менталитету японцы рассматривали проблему звукового трансформатора с различных позиций. Они не ограничивали себя рамками измерений, но уделяли много внимания прослушиванию и сопоставлению объективных и субъективных результатов. Вероятно, японские разработчики тех лет (70—80 гг. прошлого столетия) уже знали, что трансформатор, АЧХ которого простирается (без явных завалов) до 100 кГц, обеспечивает лучшее качество воспроизведения, чем аналогичный, но ограниченный сверху частотой 50 кГц.

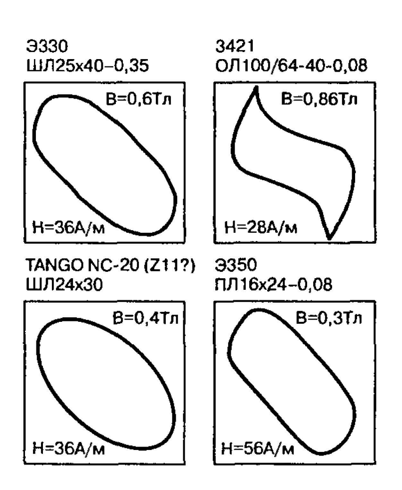


Рис. 4.11. Сравнение магнитопроводов

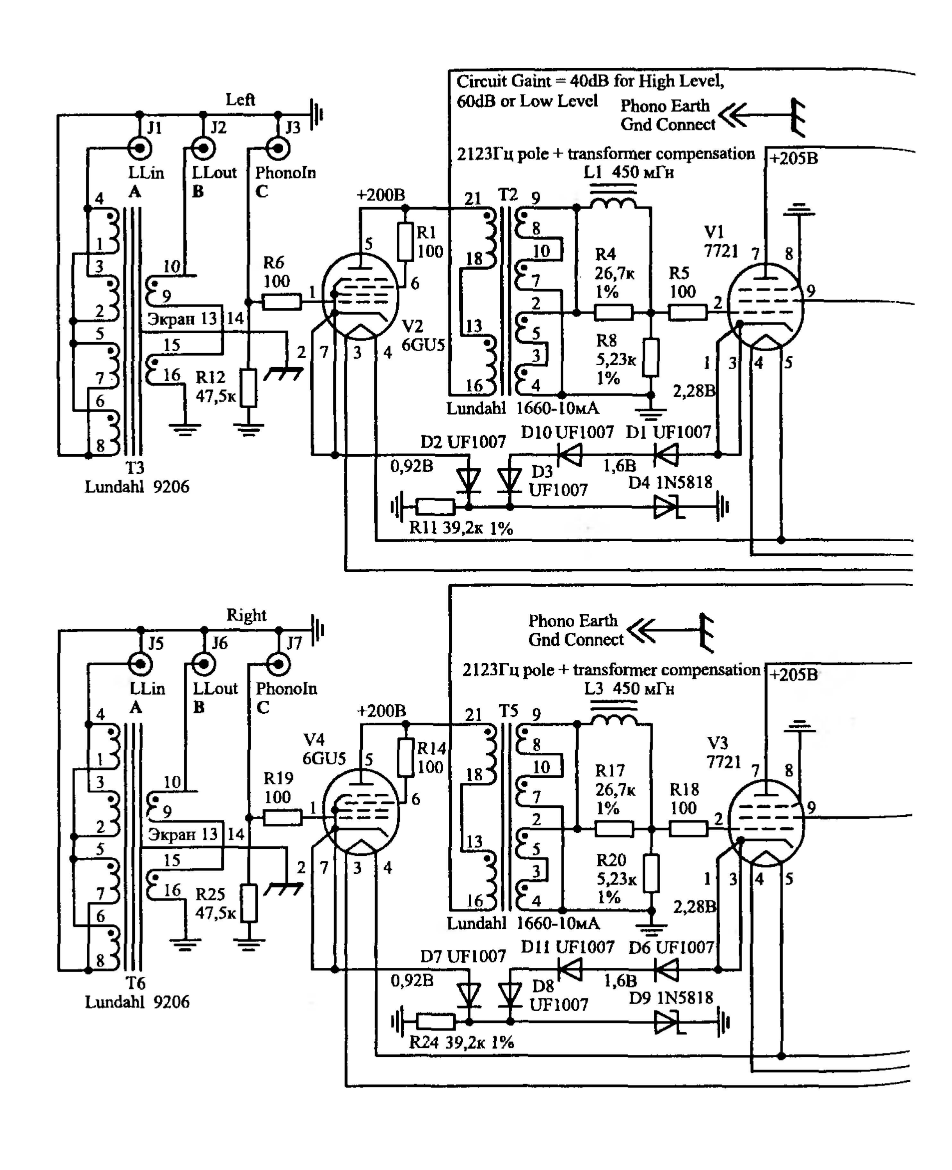
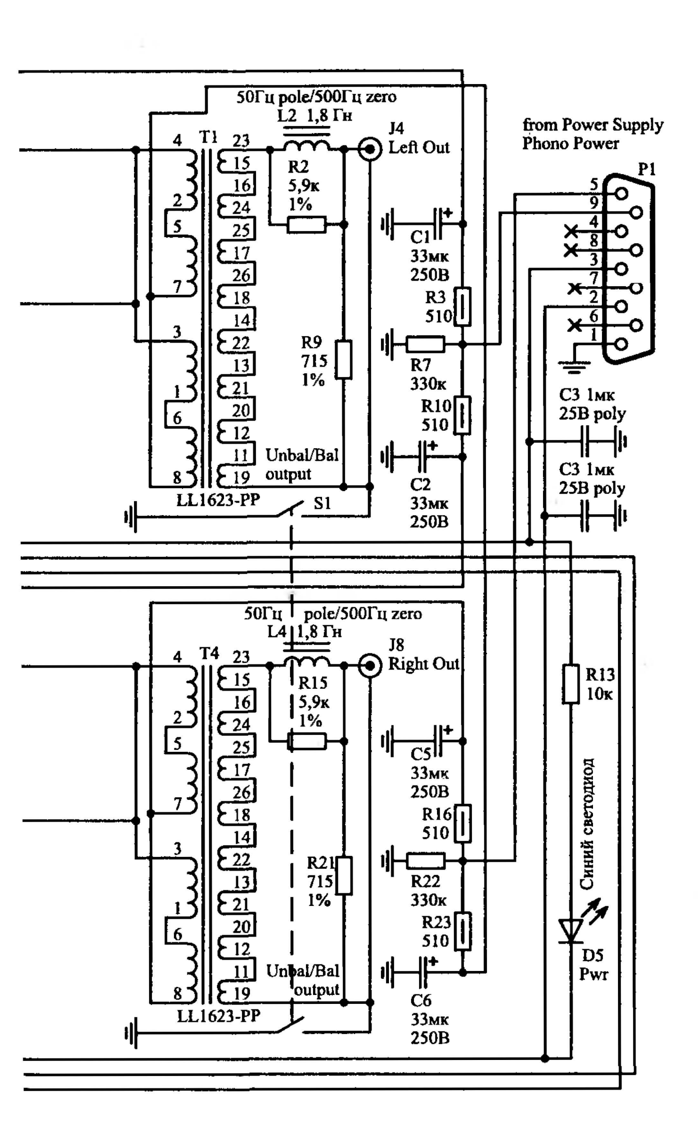


Рис. 4.12. *RL- корректор Стива Бенча*



50Гц pole/500Гц zero
L2 1,8 Гн
J4
Left Out
T1
4
23
15
16
24
25
17
26
18
14
22
13
21
20
12
11
19
2
5
7
3
1
6
8
R2
5,9к
1%
R9
715
1%
Unbal/Bal
output
LL1623-PP
S1
C1
33мк
250В
R3
510
R7
330к
R10
510
C2
33мк
250В
from Power Supply
Phono Power
P1
C3 1мк
25В poly
C3 1мк
25В poly
50Гц pole/500Гц zero
L4 1,8 Гн
J8
Right Out
T4
R15
5,9к
1%
R21
715
1%
Unbal/Bal
output
LL1623-PP
C5
33мк
250В
R16
510
R22
330к
R23
510
C6
33мк
250В
R13
10к
Синий светодиод
D5
Pwr

В цепях коррекции также следует применить наилучшие конденсаторы (хороши ФТ, КСО, ССГ), но, как уже упоминалось, лучше обойтись без конденсаторов. В последнем случае можно попытаться повторить:

- RX-корррректор конструкции Лихницкого: http://www.aml.nm.ru/articles/rx_corrector.htm;
- либо RL-корректор Стива Бенча (Steve Bench): http://members.aol.com/analogengineer/intmatp4.pdf, http://members.aol.com/analogengineer/intmatp5.pdf (**рис.4.12**).

Рассмотрим эту схему подробнее. Корректор работает как с ММ-, так и с МС-головками. ММ-головка подключается к разъему «С», МС — к разъему «А». При этом «В» и «С» соединены между собой перемычкой. В качестве повышающего (МС) используется трансформатор LL9206 шведской фирмы «Lundahl». Эта же фирма изготовила и все остальные моточные изделия корректора, включая заказные дроссели. В первом каскаде используется необычная (для схем корректоров) лампа — лучевой гексод 6GU5. В триодном включении эта лампа обладает фантастическими параметрами:

- проходная емкость — 0,5 пФ;
- статический коэффициент усиления — 140;
- внутреннее сопротивление — 9 кОм.

Лампа работает с псевдофиксированным смещением, задаваемым диодом D2. Каскад построен **по трансформаторной схеме** с использованием межкаскадного LL1660. В данной коммутации трансформатор понижающий, с $\mathbf{K_{тр}}$ **= 2,25:1**. Дополнительного снижения выходного сопротивления каскада добиваются за счет положительной обратной связи (ПОС) по току R11D4.

К вторичной обмотке подключено первое звено L1R4R8 распределенной цепи коррекции.

Следующий каскад аналогичен первому: используется пентод 7721 в триодном включении (статический коэффициент усиления — 77; внутреннее сопротивление — 1,9 кОм), смещение задается диодами D1D3D10. Также применяется ПОС по току

R11D4. В каскаде используется выходной трансформатор LL1623-PP (в данной коммутации **$K_{тр}$ = 2,7:1**).

На выходе каскада установлено второе звено цепи коррекции L2R2R9. Схема предоставляет возможность при помощи тумблера S1 переключать выход в небалансный (S1 замкнут) и в балансный режимы (S1 разомкнут).

Вероятно, оригинальные лампы достать не удастся, но их можно заменить:

6GU5 — 6С17К-В, триодной частью 6Ф12П, а 7721 — 6П45С, 6Ж52П (в триодном включении). Однако это «лобовые» замены, исходя из формальных параметров. Желательно пойти другим путем, переработав схему, например:

- ввиду большого запаса схемы по усилению применить в первом каскаде 6Ж52П (в триодном включении), а во втором — 6Ж43П (также в триодном включении);
- в случае использования 6Ж52П следует применить межкаскадный трансформатор с **$K_{тр}$ = 1:1**;
- для указанных выше ламп организовать батарейное смещение;
- цепь ПОС выполнить регулируемой и отключаемой.

Схема блока питания представлена на **рис. 4.13.**

Шаг шестой

Переменные резисторы — регуляторы громкости: BOURNS, ALPS ($20—25) или, если можете себе позволить, TKD ($100). Можно самому изготовить качественный дискретный регулятор громкости или, наоборот, затухания. Подробно такие конструкции рассмотрены А. Н. Белкановым: http://www.vestnikara.fromru.com/vestn/n1/latt.htm.

Шаг седьмой

Применять выходные трансформаторы — TAMURA, TANGO (ISO), LUNDAHL, SOWTER:

http://kogerer.ru/tango.html;

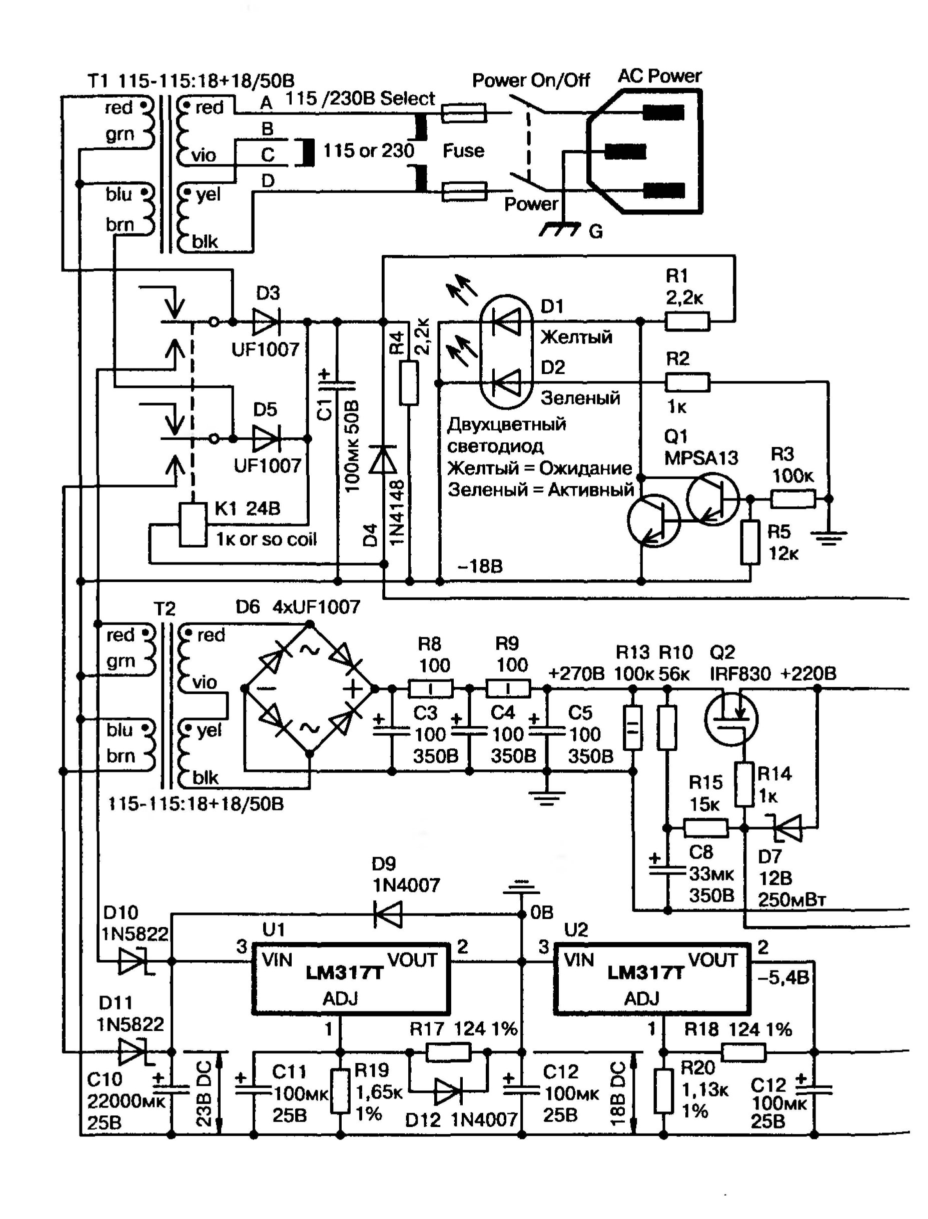
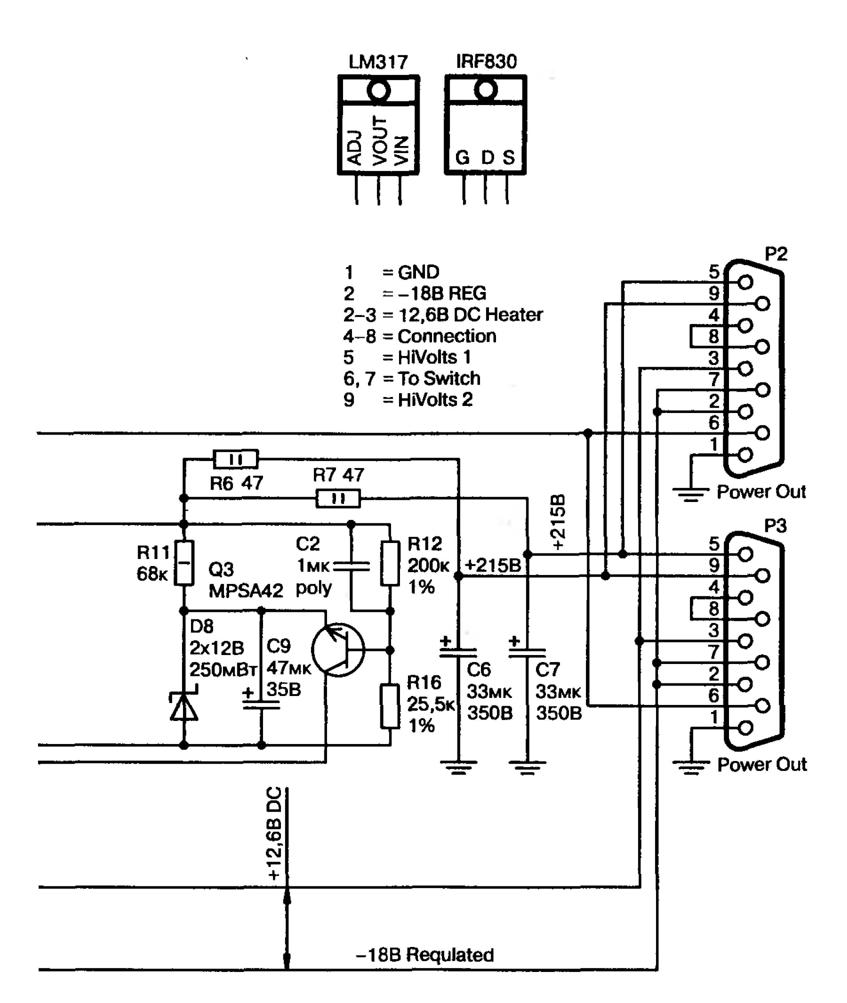


Рис. 4.13. *Блок питания RL- корректора*


LM317
ADJ
VOUT
VIN
IRF830
G D S
1 = GND
2 = –18В REG
2–3 = 12,6В DC Heater
4–8 = Connection
5 = HiVolts 1
6, 7 = To Switch
9 = HiVolts 2
P2
Power Out
P3
Power Out
R6 47
R7 47
R11
68к
Q3
MPSA42
C2
1мк
poly
R12
200к
1%
+215В
+215В
D8
2x12В
250мВт
C9
47мк
35В
R16
25,5к
1%
C6
33мк
350В
C7
33мк
350В
+12,6В DC
–18В Requlated

http://www.eifl.co.jp/index/export/export2.htm;

http://www.lundahl.se/;

http://www.sowter.co.uk/.

Шаг восьмой

Применять динамические головки НЧ и широкополосные, причем их желательно выбирать диаметром от 20 см, лучше — более 30. ВЧ — рупорного типа. Материал подвеса низкочастотных и широкополосных головок — ткань, а диффузора — бумага. Выбор весьма широк: ALTEC, GOODMANS, FOSTEX, LOWTHER, TELEFUNKEN, SABA, SIEMENS...

Следует отдавать предпочтение конструктивным оформлениям «Закрытый ящик», «Онкен», «Обратный рупор»:

http://jensen-onken.narod.ru/;

http://www.melhuish.org/audio/;

http://kosat.consultit.no/~ketil/lowther/bigfunht.html;

http://www.speakerplans.com/index.php?id=hornplans;

http://www.lowtherloudspeakers.co.uk/hedlund1.html;

http://www.lowtherloudspeakers.co.uk/index.html;

http://vincent.brient.free.fr/pav_ronds.htm.

Разумеется, система, оснащенная таким образом, **выходит за рамки бюджетной**, но замену комплектующих можно производить постепенно, а с точки зрения качества звуковоспроизведения она превзойдет существенно более дорогие.

И последнее...

Предложенная авторами аудиосистема не претендует на звание «самой лучшей» — это лишь попытка обеспечить **высококачественное звуковоспроизведение при разумных затратах сил и средств.** А еще — повод лишний раз послушать музыку!

Удачи Вам!

ПРИЛОЖЕНИЕ

В приложение включены следующие конструкции: стойка для аудиосистемы и соединительные кабели (межблочные и акустические).

Оригинальная конструкция стойки позволяет легко регулировать высоту полок, а также горизонтальную установку аппаратуры.

Соединительные кабели выполнены из доступных элементов: разъемов RCA («тюльпан») и кабеля UTP, применяемого в компьютерных сетях.

Стойка для аппаратуры

Стойка для аппаратуры является не только элементом оформления аудиосистемы, но и позволяет установить компоненты, рационально используя площадь комнаты. Более того, грамотно сконструированная стойка обеспечивает дополнительную виброизоляцию, предотвращает перегрев аппаратуры. Установка проигрывателя грампластинок и усилителей с открытым расположением ламп на верхние полки стойки — простой и эффективный способ их изоляции (взаимной) от детей или (и) домашних животных.

Рассмотрим **авторский вариант**.

Стойка представляет собой шесть полок, закрепленных на четырех опорах. Материал полок — березовая фанера толщиной 20 мм (**рис. П1.2**). Полка оклеена шпоном и покрыта лаком. В качестве вертикальных опор-стяжек применены стальные шпильки М20 длиной 1300 мм. Каждая полка закрепляется гайками. Между полкой и гайкой проложены шайбы. Использование шпилек позволяет менять высоту полок по желанию.

В качестве ножек можно использовать стандартные декоративные заглушки для шпилек или выточить шипы. Шипы удобно выточить из строительных отвесов, имеющих подходящую коническую форму, просверлив отверстие со стороны основания и нарезав резьбу М20. Если нет возможности произвести токарные работы, то можно просто заострить шпильку на шлифовальном станке, тем самым получить **шип**.

Сборка стойки для аппаратуры из готовых элементов не представляет каких-либо трудностей. После установки на выбранное место необходимо добиться горизонтального положения каждой полки с помощью строительного уровня.

Готовая стойка и вариант размещения аппаратуры показаны на **рис. П1.1**. и **рис. П1.2**.

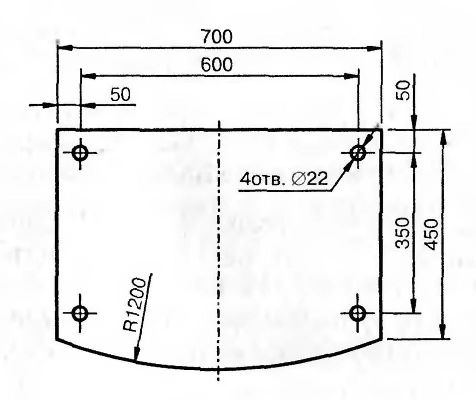


Рис. П1.1 Чертеж полки

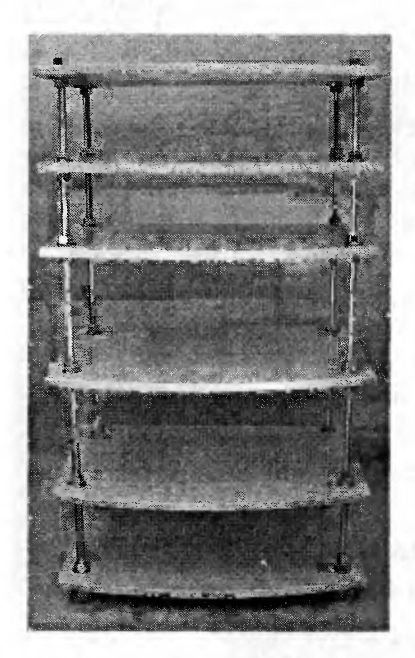


Рис. П1.2. Стойка в сборе

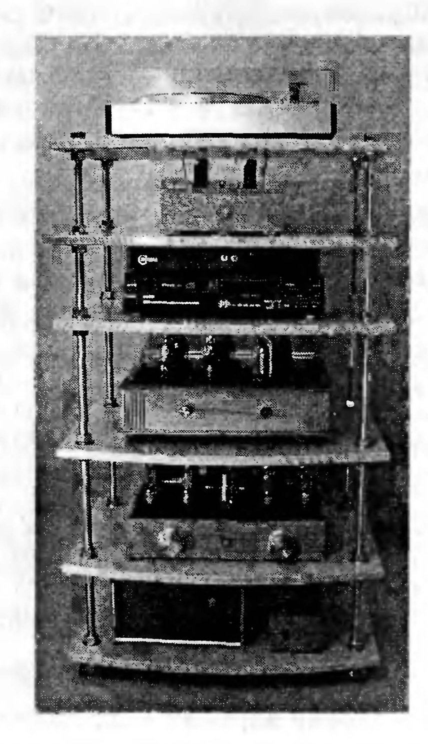


Рис. П1.3. Пример размещения аппаратуры

Межблочный и акустический кабели

Пожалуй, ни один компонент аудиосистемы не вызывает столько споров на любом Интернет-форуме, посвященном аудиотехнике. Несложно найти массу «полезных» советов по выбору межблочного или акустического кабеля той или иной модели, фирмы.

Отдельные темы (влияние «направленности», «прогрев», постановка кабеля на специальные опоры) более отдают эзотерическим, нежели научным подходом.

Авторы данной книги предлагают читателям не полемизировать, а самостоятельно изготовить необходимые для аудиосистемы кабели. Для межблочного кабеля потребуются 4 разъема RCA («тюльпан»), желательно позолоченных, с тефлоновой изоляцией, например:

http://link.avc.ru/index.php5?module=production&class=showGoods&goodsId=73869&rootDirId=5121. Также необходимо приобрести кабель типа «Неэкранированная витая пара пятой категории» (UTP CAT5E), применяемый для монтажа локальных компьютерных сетей.

Стоимость разъемов может существенно различаться в зависимости от фирмы-изготовителя и модели. Однако не имеет смысла приобретать очень дорогие — желательно остановиться на изделиях стоимостью 1,5—5 долларов. Кабель UTP CAT5E обычно стоит не дороже 0,5 долларов за один метр.

Технология изготовления межблочного кабеля довольно проста:

- с кабеля UTP CAT5E удаляется наружная оболочка;
- четыре витых пары аккуратно отделяются одна от другой. **Сами пары раскручивать не следует!**
- **первый вариант**: на каждый канал потребуются две таких пары, которые необходимо сплести между собой «косичкой» (**рис. П2.1**). Подробности этой технологии рассмотрены здесь:
  http://www.euronet.nl/~mgw/diy/cabling/nl_quadraad_1.html;
- **второй вариант** — воспользоваться методикой Дмитрия Хральцова, по которой кабель разрезается на три равных

части (длина которых должна соответствовать длине будущего межблочника); используются три витые пары из четырех, которые набираются в жгуты по цветам (например: 3 красно-белые пары, 3 зелено-белые пары и 3 сине-белые пары). Жгуты сплетаются косичкой. Подробности: http://www.dvdworld.ru/Sam/ship/cavel.html ;
- готовые жгуты распаиваются на разъемы.

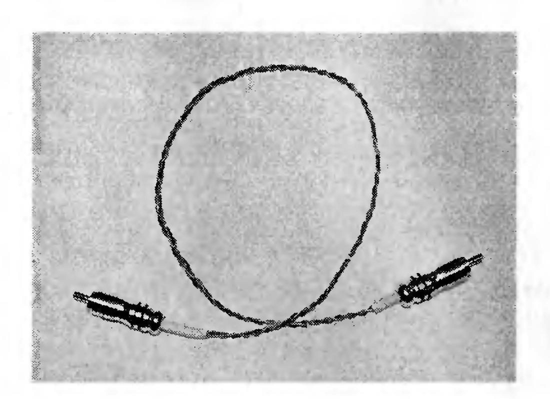


Рис. П2.1 *Межблочный кабель (первый вариант)*

Акустический кабель можно изготовить также с помощью UTP CAT5E, например, руководствуясь методиками Тони Ги (Tony Gee), Криса Венхауса (Chris VenHaus): http://www.venhaus1.com/diycatfivecables.html.

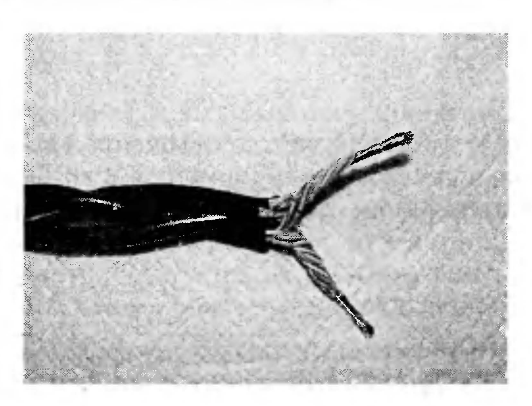


Рис. П2.2 *Изготовление акустического кабеля*

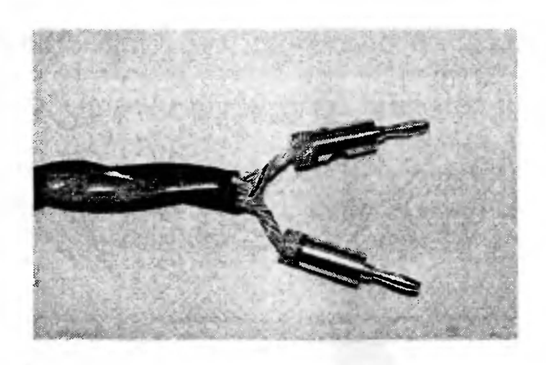


Рис. П2.3 *Готовый кабель (вариант Тони Ги) либо Криса Венхауса*

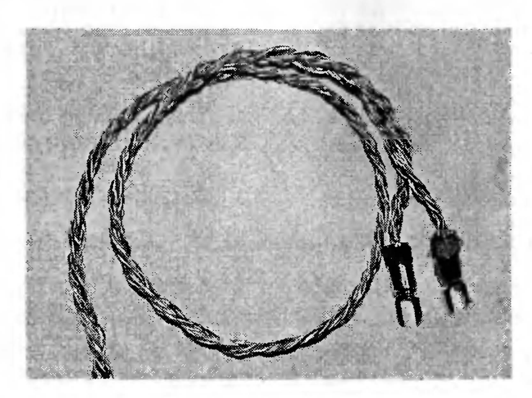


Рис. П2.4 *Готовый кабель (вариант Криса Венхауса)*

Несколько замечаний: плетеный кабель (как межблочный, так и акустический) характеризуется повышенной погонной емкостью. Это может послужить причиной самовозбуждения полупроводниковых компонентов аудиосистемы. Ламповые компоненты некритичны в этом отношении. Однако большая емкость кабеля совместно с высоким выходным сопротивлением, например, винил-корректора, может вызвать завал АЧХ.

В Интернете нередко встречаются рекомендации использовать UTP CAT5E с тефлоновой изоляцией как наилучший по субъективным оценкам (при прослушивании).

Это объясняется наименьшей емкостью такого кабеля (диэлектрическая проницаемость тефлона ниже, чем у остальных изоляционных материалов, используемых в UTP).

Кроме того, при любой методике плетения (скручивания) кабеля значительно увеличивается активное сопротивление ввиду большего расхода кабеля (в 3—4 раза) по сравнению с прямым (нескрученным), что также не идет на пользу.

Авторы книги также предлагают **снизить шаг намотки** до минимально возможного (конечно, во избежание наводок не следует использовать «прямой» кабель), а кабели, принадлежащие разным каналам, не должны быть взаимно скручены.

Еще один момент. Кабель UTP встречается **двух видов**: с цельнотянутой и наборной жилой. Последний может быть пригодиться при изготовлении кабелей, работающих в жестких условиях. Некоторые специалисты не советуют использовать его в стационарных системах. Авторы книги рекомендуют проверять подобные утверждения, носящие субъективный характер.

Список использованной литературы

1. Homebrewer of the month. — Sound Practices, 1999 Audio Yearbook.
2. RIAA Preamps Part I, 12 June 2002. — http://www.tube-cad.com.
3. Дегрелл Л. — Проигрыватели и грампластинки. — М.: Радио и связь, 1982.
4. Дюков В. — Усилитель низкой частоты современного радиокомплекса. В помощь радиолюбителю. Вып.58. — М., ДОСААФ, 1977.
5. Зимаков В. — Ликбез о виниле. — http://www.zaudio.hotbox.ru/
6. Кунафин Р. — Из опыта эксплуатации ЭПУ "РАДИОТЕХНИКА-001". — Радио, №6, 1997.
7. Кунафин Р. — Усовершенствование проигрывателя "РАДИОТЕХНИКА-001". — Радио, №1, 2001.
8. Кунафин Р. — Модернизация ЭПУ "ЭЛЕКТРОНИКА Б1-01". — Радио, №12, 2000.
9. Кунафин Р. — О доработке проигрывателя "АРКТУР-006С". — Радио, №9, 1998.
10. Лихницкий А. — Электропроигрыватель "Электроника Б1-01 Improved".— АудиоМагазин, №4, 1995.
11. Остапенко М. — Что делать с винилом? — http://v-nagaev.narod.ru/DOCUM/vimag0.htm и http://v-nagaev.narod.ru/DOCUM/vimag.htm
12. Чабаи Д. — Новинки в электроакустике и технике магнитной звукозаписи. — М. Советское радио, 1974.

Список использованных Интернет-ресурсов

http://astral-for.narod.ru/index/jncn.htm

http://audiomaniac.narod.ru/russian/pioneer.htm

http://book.by.ru/cgi/view?book=guest-book-shemki

http://digilander.libero.it/paeng/riaa_sheet.xls.

http://diyaudio.8m.com/Ot/ot_en.html

http://dom.hi-fi.ru/forum/8/13219

http://narod.yandex.ru/100.xhtml?tqwp.narod.ru/soft/TQWP-rus1-3.zip

http://rh.qrz.ru/ZIP/hobby399.pdf

http://sound.westhost.com/tsp.htm

http://sound.westhost.com/tsp.htm

http://tqwp.narod.ru

http://tqwp.narod.ru/Practik/doc1/doc1.htm

http://vlab.netsys.ru/forum/archive/index.php/t-825.html

http://vlab.netsys.ru/forum/archive/index.php/t-951.html

http://vlab.netsys.ru/forum/attachment.php?attachmentid=1791

http://vlab.netsys.ru/forum/showthread.php?t=1665&page=1&pp=20

http://v-nagaev.narod.ru/DOCUM/vimag.htm

http://v-nagaev.narod.ru/DOCUM/vimag0.htm

http://www.audioworld.ru/Books/Vinil/Riaa_01.html

http://www.audioworld.ru/DIY/Dop/trans_02.html

http://www.audioworld.ru/DIY/Vinil/cor_01.html

http://www.audioworld.ru/DIY/Vinil/cor_02.html

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsm.htm

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsm.htm

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsp.htm

http://www.bluesmobil.com/shikhman/arts/tsp.htm

http://www.dvdworld.ru/Sam/ship/ship.html

http://www.elsib.bratsk.net/

http://www.goldenmiddle.com/russian/tube.htm
http://www.igdrassil.narod.ru/audio/tips/spikes.djvu
http://www.igdrassil.narod.ru/audio/tips/vibrations.djvu
http://www.kabusa.com/riaa.htm
http://www.lynxaudio.narod.ru/scheme_dig.htm
http://www.lynxaudio.narod.ru/schemes/sch_02.pdf
http://www.lynxaudio.narod.ru/schemes/sch_17.pdf
http://www.metaleater.narod.ru/1.pdf
http://www.metaleater.narod.ru/ls206.jpg
http://www.metaleater.narod.ru/ls2060.jpg
http://www.metaleater.narod.ru/ls2061.jpg
http://www.metaleater.narod.ru/progs.html
http://www.metaleater.narod.ru/r_acoust.html
http://www.metaleater.narod.ru/s_misc.html
http://www.next-power.net/next-tube/articles/Transcalc/abstract_ru.html
http://www.plasmatweeter.de/jericho.htm
http://www.shemki.com/
http://www.tubecad.com/articles_2002/RIAA_Preamps_Part_1/index.html
http://www.tubecad.com/articles_2002/RIAA_Preamps_Part_2/index.html
http://www.zaudio.hotbox.ru/
http://www.zeuslab.narod.ru/
http://www10.big.or.jp/~dh/